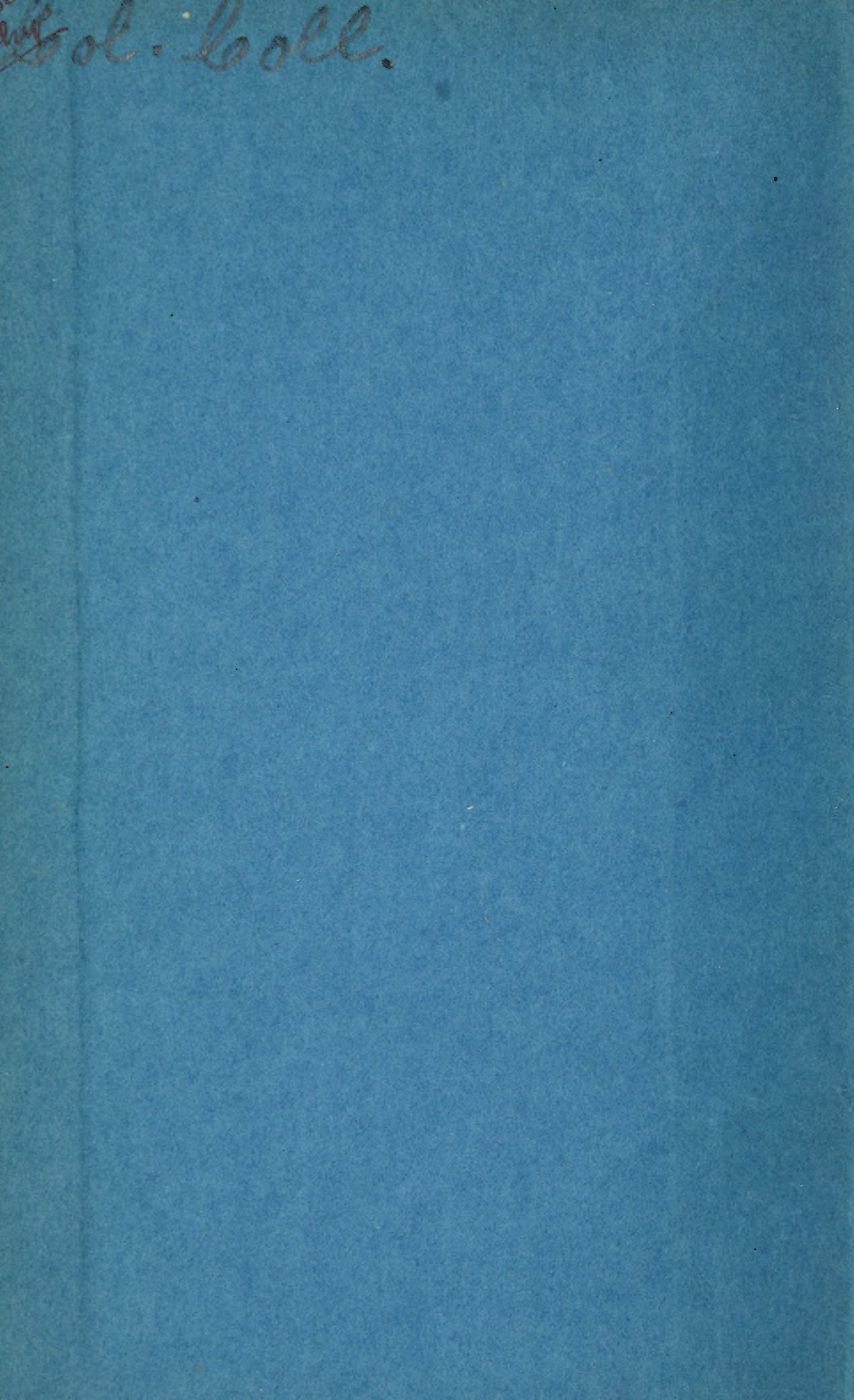

3 1761 06240173 2


ol. Coll.

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

FRANÇOIS ARAGO

TOME ONZIÈME

La propriété littéraire des divers ouvrages de François Arago étant soumise à des délais légaux différents, selon qu'ils sont ou non des œuvres posthumes, l'éditeur a publié chaque ouvrage séparément. Ce titre collectif n'est donné ici que pour indiquer au relieur le meilleur classement à adopter.

Par la même raison, la réserve du droit de traduction est faite au titre et au verso du faux titre de chaque ouvrage séparé.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

Ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Répétiteur dans cet Établissement.

TOME ONZIÈME



PARIS
GIDE, ÉDITEUR
5 rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Kōnigs-Strasse

1859

MÉMOIRES SCIENTIFIQUES

TOME SECOND

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE RUE SAINT-BENOIT, 7

ŒUVRES

DE

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

MÉMOIRES SCIENTIFIQUES

TOME SECOND

PARIS

GIDE, ÉDITEUR

5 rue Bonaparte

LEIPZIG

T. O. WEIGEL, ÉDITEUR

Königs-Strasse

1859

MÉMOIRES SCIENTIFIQUES

VITESSE DU SON

RÉSULTAT DES EXPÉRIENCES FAITES EN 1822, PAR ORDRE DU BUREAU DES LONGITUDES, POUR LA DÉTERMINATION DE LA VITESSE DU SON DANS L'ATMOSPHÈRE.

Les physiciens ont déjà fait un grand nombre d'expériences pour déterminer la vitesse avec laquelle le son se propage dans l'atmosphère ; mais leurs résultats présentent des discordances considérables et fort supérieures aux incertitudes dont ce genre d'observations paraît susceptible. Ces discordances, il n'est guère permis d'en douter, ont dépendu, le plus ordinairement du moins, de l'influence du vent. Il n'existe qu'un moyen certain de se mettre tout à fait à l'abri de cette cause d'erreur : il consiste à produire deux sons pareils au même instant dans deux stations et à observer, dans chacune d'elles, le temps que le son de la station opposée emploie à y arriver : le vent produisant alors des effets contraires sur les deux vitesses, la moyenne des résultats doit être aussi exacte que si l'atmosphère avait été parfaitement tranquille.

Cette méthode avait déjà été indiquée par les académiciens de Paris dans les célèbres expériences de 1738 ;

mais malheureusement il n'y a dans leur Mémoire que deux observations véritablement réciproques ; à quoi il faut ajouter, comme nouvelle cause d'incertitude, que nous n'avons qu'une connaissance assez imparfaite de l'état thermométrique de l'atmosphère durant les expériences et qu'à la station de Montlhéry, surtout, les moyens employés pour noter l'instant de l'apparition du feu et celui de l'arrivée du son n'avaient pas toute la précision désirable.

D'après ces considérations, le Bureau des Longitudes, sur la proposition de M. de Laplace, décida que les expériences seraient répétées par une Commission prise dans son sein et composée de MM. de Prony, Bouvard, Mathieu et moi. Le Bureau invita à s'adjoindre à la Commission M. de Humboldt, qui, dans ses voyages, s'était déjà occupé d'observations analogues; et M. Gay-Lussac, dont les expériences récentes sur la chaleur spécifique de l'air ont servi de base à la nouvelle détermination théorique de la vitesse du son que M. de Laplace a obtenue, et qui consiste à multiplier la formule newtonienne par la racine carrée du rapport de la chaleur spécifique de l'air sous une pression constante à cette chaleur spécifique sous un volume constant.

M. le maréchal duc de Raguse voulut bien, dans cette circonstance, nous donner une nouvelle preuve de l'intérêt qu'il a toujours porté aux progrès des sciences, en se chargeant de demander lui-même aux ministres de la guerre et de l'intérieur les autorisations dont la Commission avait besoin pour tirer le canon, au milieu de la nuit, dans les environs de la capitale et en mettant à notre disposition deux pièces de six pourvues de toutes les provisions né-

cessaires et servies par des artilleurs de la garde royale.

Nos premières épreuves, comme on le verra plus loin dans la table (p. 5 à 8) qui donne tous les détails des expériences, eurent lieu le 21 juin 1822. Dès le matin, MM. de Humboldt, Gay-Lussac et Bouvard étaient partis pour Montlhéry. M. de Laplace fils, lieutenant-colonel dans l'artillerie de la garde, qui avait porté la complaisance, afin que toutes les expériences fussent rigoureusement comparables, jusqu'à surveiller lui-même la confection des gargousses de deux et de trois livres ($1^{kil.}$ et $1^{k}.5$) de poudre dont on devait se servir, voulut bien se joindre à cette partie de la Commission ; le canon fut installé à Montlhéry par les soins de M. le capitaine Pernetty. Dans le même temps, nous nous rendions, MM. de Prony, Mathieu et moi, sur le point du territoire de Villejuif qui, la veille, nous avait paru une station convenable. M. le capitaine Boscary vint nous y rejoindre dans la soirée avec une pièce de six. Les expériences commencèrent à onze heures. Le temps était serein et presque complétement calme : le peu de vent qu'il faisait soufflait de Villejuif à Montlhéry ou plus exactement du nord-nord-ouest au sud-sud-est.

A Villejuif nous entendîmes parfaitement, MM. de Prony, Mathieu et moi, tous les coups de Montlhéry ; aussi n'apprîmes-nous pas sans étonnement, le lendemain, que le bruit du canon de notre station s'était à peine transmis jusqu'à l'autre. Quoi qu'il en soit de la cause de ce singulier phénomène, sept coups différents furent entendus à Montlhéry. Nous les avons combinés (voyez la table) avec les coups correspondants observés à Villejuif : or, si l'on remarque dans la colonne des moyennes,

l'accord des divers résultats, on ne pourra guère douter, je pense, que le nombre définitif qui en a été déduit ne soit exact à un ou deux dixièmes de seconde près. Au reste, il serait injuste de ne pas faire honneur de cette exactitude, du moins en grande partie, aux excellents moyens d'évaluer le temps que MM. Breguet, avec leur libéralité accoutumée, avaient mis à notre disposition et qui consistaient, pour Montlhéry, en trois chronomètres à arrêt, dont l'un marquait jusqu'aux soixantièmes de seconde. A Villejuif nous avions, M. Mathieu et moi, deux chronomètres du même genre qui donnaient les dixièmes. Quant à M. de Prony, il comptait l'intervalle écoulé entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son sur un chronomètre qui battait 150 coups par minute : il y avait donc, lorsque l'apparition du feu, par exemple, ne coïncidait pas avec le bruit de l'échappement, à faire l'estime de la petite différence. Notre confrère ne doute pas qu'avec de l'habitude on ne parvienne, par cette méthode, à évaluer un dixième de seconde, et j'avoue, d'après les résultats qu'elle lui a fournis, que je partage entièrement son opinion.

Durant toutes les expériences du 21, le canon de Villejuif était resté incliné à l'horizon sous un angle assez grand. Imaginant qu'on pouvait attribuer en partie à cette circonstance l'affaiblissement singulier que le son avait éprouvé en se transmettant de cette station à Montlhéry, nous plaçâmes la pièce, le lendemain 22, dans une situation parfaitement horizontale. Ce jour, comme le 21, nous entendîmes à merveille la totalité des coups qui furent tirés à Montlhéry ; tandis qu'à cette dernière station, un

seul coup sur les douze de Villejuif fut entendu par MM. Gay-Lussac et Bouvard, et encore très-faiblement. Cette seconde expérience n'ajoutera donc rien, quant à la détermination de la vitesse absolue du son, aux résultats que nous avions obtenus la veille. Nous la rapporterons néanmoins dans tous ses détails, parce qu'elle donnera lieu à quelques remarques d'un autre genre. M. Rieussec, horloger distingué de Paris, étant venu le 22 juin, essayer le chronographe à cadran mobile qu'il a imaginé (voir les *Annales de chimie et de physique*, t. XVIII, p. 391), nous avons inséré dans la table suivante les déterminations que son ingénieux instrument lui a fournies.

Tableau des coups correspondants observés à Montlhéry et à Villejuif le vendredi 21 juin 1822.

MONTLHÉRY.	MM.		Temps de la propagation.	Thermomètre.	Hygromètre.	Baromètre.
						mill.
10h 30m	Humboldt.......					
coup de 1 kil..	Gay-Lussac.....	54s.5	54s.5	+16°.5	59°	754.9
	Bouvard........					
10h 40m	Humboldt.......	54 .9				
1k.5.....	Gay-Lussac.....	"	54 .9	16 .5	59	755.3
	Bouvard........	55 .0				
11h 0m	Humboldt.......	53 .9				
1k.5.....	Gay-Lussac.....	"	53 .9	16 .4	59	755.6
	Bouvard........	"				
11h 10m	Humboldt.......	"				
1 kil......	Gay-Lussac.....	54 .5	54 .6	16 .3	59	755.6
	Bouvard........	54 .7				
11h 20m	Humboldt.......					
1k.5.....	Gay-Lussac.....	54 .3	54 .3	16 .3	59	755.6
	Bouvard........					
11h 30m	Humboldt.......					
1 kil......	Gay-Lussac.....	54 .5	54 .5	16 .3	60	755.6
	Bouvard........					
11h 40m	Humboldt.......	54 .1				
1k.5.....	Gay-Lussac.....	"	54 .3	16 .3	60	755.6
	Bouvard........	54 .5				
	Moyenne.............		54s.43			

VILLEJUIF.	MM.		Temps de la propagation.	Thermomètre.	Hygromètre.	Baromètre.
						mill.
10h 25m	Prony	54s.7				
coup de 1 kil.	Mathieu	54 .8	54s.8	+16°.0	84°	757.3
	Arago	55 .0				
10h 35m	Prony	54 .8				
1k.5	Mathieu	55 .2	55 .0	15 .9	84	757.31
	Arago	55 .0				
10h 55m	Prony	54 .6				
1k.5	Mathieu	55 .0	54 .8	15 .4	85	757.31
	Arago	54 .9				
11h 5m	Prony	54 .6				
1 kil.	Mathieu	55 .0	54 .7	15 .4	85	757.31
	Arago	54 .6				
11h 15m	Prony	54 .6				
1k.5	Mathieu	55 .0	54 .9	15 .4	86	757.32
	Arago	55 .0				
11h 25m	Prony	54 .6				
1 kil.	Mathieu	54 .9	54 .8	15 .1	87	757.32
	Arago	54 .8				
11h 35m	Prony	"				
1k.5	Mathieu	54. 9	54 .8	14 .4	89	757.32
	Arago	54 .8				
	Moyenne		54s.84			

Durée moyenne de la propagation du son le 21 *juin* 1822 *entre les deux stations et état moyen des instruments météorologiques.*

			Moyennes.	Thermomètre.	Hygromètre.	Baromètre.
						mill.
coups de 1 kil.	Montlhéry	54s.5	54s.7	16°.2	71°	756.1
	Villejuif	54 .8				
coups de 1k.5	Montlhéry	54 .9	55 .0	16 .2	71	756.3
	Villejuif	55 .0				
coups de 1k.5	Montlhéry	53 .9	54 .4	15 .9	72	756.5
	Villejuif	54 .8				
coups de 1 kil.	Montlhéry	54 .6	54 .7	15 .8	72	756.5
	Villejuif	54 .7				
coups de 1k.5	Montlhéry	54 .3	54 .6	15 .8	72	756.5
	Villejuif	54 .9				
coups de 1 kil.	Montlhéry	54 .5	54 .6	15 .7	73	756.5
	Villejuif	54 .8				
oups de 1k.5	Montlhéry	54 .3	54 .6	15 .4	74	756.5
	Villejuif	54 .8				
	Moyennes		54s.6	15°.9	72°	756.4

Tableau de la transmission du son le 22 juin 1822, de Montlhéry à Villejuif.

COUPS DE 1 KILOGR.	MM.		Temps moyen de la propagation.	Thermomètre.		Hygromètre.	Baromètre.
							mill.
11h 3m	Prony......	53s.7	53s.7	à Villejuif...	17°.3	98°	756.68
	Mathieu....	53 .5		à Montlhéry..	18 .3	94	7 4 60
	Arago......	54 .0		Moyennes..	17 .8	96	755.64
	Rieussec....	53 .5					
11h 20m	Prony......	53 .7	53 .9	à Villejuif...	17°.2	98	756.62
	Mathieu....	54 .0		à Montlhéry..	18 .3	94	754.60
	Arago......	54 .0		Moyennes....	17 .8	96	755.61
	Rieussec....	54 .0					
11h 40m	Prony......	53 .8	53 .7	à Villejuif...	16°.5	100	756 56
	Mathieu....	53 .8		à Montlhéry..	18 .5	94	754.60
	Arago......	53 .7		Moyennes....	17 .5	97	755.58
	Rieussec....	53 .7					
2h 0m	Prony......	53 .8	53 .6	à Villejuif...	17°.8	99	756.56
	Mathieu....	53 .5		à Montlhéry..	18 .7	94	754.60
	Arago......	53 .7		Moyennes....	18 .2	97	755.58
	Rieussec....	53 .6					
12h 20m	Prony......	53 .8	53 .7	à Villejuif...	18° 2	95	756.56
	Mathieu....	53 .6		à Montlhéry..	"	94	754.60
	Arago......	53 .7		Moyennes....	18°.2	94	755.58
	Rieussec....	53 .7					
12h 40m	Prony......	53 .7	53 .7	à Villejuif....	17 .9	94	756.56
	Mathieu.....	53 .7		à Montlhéry..	"	94	754.60
	Arago......	53 .7		Moyennes....	17 .9	94	755.58
	Rieussec....	53 .8					
	Moyennes.........		53s.72		17°.9	96°	755.59

COUPS DE 1kil.5.	MM.		Temps moyen de la propagation.	Thermomètre.		Hygromètre.	Baromètre.
							mill.
11h 9m	Prony......	53s.7	53s.9	à Villejuif...	17°.2	98°	756.66
	Mathieu....	54 .0		à Montlhéry..	18 .3	93	754.60
	Arago......	54 .0		Moyennes....	17 .8	95	755.63
	Rieussec....	54 .0					
11h 30m	Prony......	53 .7	53 .8	à Villejuif...	17°.0	98	756.59
	Mathieu....	54 .0		à Montlhéry..	18 .0	94	754.60
	Arago......	53 .8		Moyennes....	17 .5	96	755.59
	Rieussec....	53 .8					
11h 50m	Prony......	53 .6	53 .8	à Villejuif....	16°.6	100	756.56
	Mathieu....	54 .0		à Montlhéry..	18 .6	94	754.60
	Arago......	53 .7		Moyennes....	17 .6	97	755.58
	Rieussec....	53 .7					

12h 10m	Prony..... 53s.7	53s.6	à Villejuif...	17°.8	97	756.56
	Mathieu..... 53 .5		à Montlhery..	"	94	754.60
	Arago...... 53 .5		Moyennes....	17 .8	95	755.58
	Rieussec.... 53 .8					
12h 50m	Prony...... 53 .7	53 .8	à Villejuif...	17°.5	95	756.51
	Mathieu..... 53 .7		à Montlhery..	"	94	754.60
	Arago.... . 54 .1		Moyennes....	17 .5	94	755.55
	Rieussec.... 53 .8					
	Moyennes........	53s.78		17°.6	95°	755.58

Après avoir fait connaître tous les détails des expériences, il ne nous reste plus qu'à présenter les résultats qui s'en déduisent.

Pendant notre séjour à Villejuif, le 21 juin, nous nous servîmes d'un excellent théodolite de Gambey pour rattacher cette station d'abord à Montlhéry et au moulin de Fontenay, qui étaient deux sommets d'un des triangles de l'ancienne méridienne vérifiée, et ensuite au Panthéon, à l'Observatoire, à la pyramide de Montmartre et aux Invalides. De retour à l'Observatoire, nous déterminâmes de même les angles compris entre ces différents points, à l'aide d'un cercle azimutal qui est attaché à la partie inférieure de l'axe du grand cercle répétiteur de Reichenbach. J'ai puisé dans ces mesures divers moyens de calculer la distance du canon de Villejuif au canon de Montlhéry que j'ai trouvé de 9549.6 toises (18612m.51982). En la divisant par 54.6, nombre moyen de secondes que le son employait pour franchir la distance des deux stations, on trouve que 174.90 toises (340m.885) étaient, durant l'expérience du 21, l'espace parcouru par le son dans une seconde sexagésimale.

Examinons maintenant l'erreur totale dont ce résultat est susceptible :

Les déterminations partielles de la distance de Villejuif à Montlhéry que j'ai obtenues par différentes combinaisons, sont assez d'accord entre elles pour que je puisse affirmer que l'incertitude de la mesure géodésique n'est pas de 2 toises (3^{m}.90) ; or, 2 toises divisées par 54.6 ne donneraient pas au quotient 4/100 de toise (0^{m}.07).

Je pense aussi ne rien exagérer en admettant que le temps employé par le son pour se propager d'une station à l'autre a été obtenu d'après la moyenne des résultats à 2/10es de seconde près : une variation de 0^{s}.2 sur le diviseur 54^{s}.6 n'altérerait le résultat que de 64/100es de toise (1^{m}.247).

Reste donc l'erreur, plus difficile à évaluer, qui peut dépendre du défaut de simultanéité des observations. Nous avons indiqué des coups réciproques comme le seul moyen de détruire, dans ces expériences, les effets de la vitesse du vent ; mais ne faudrait-il pas, pour cela, que les décharges fussent précisément simultanées? Si l'on remarque que le vent est toujours intermittent, et qu'entre deux fortes bouffées il y a souvent des instants d'un calme complet, ne trouvera-t-on pas trop considérables les intervalles de 5 minutes qui se sont écoulés entre les coups de Villejuif et ceux de Montlhéry que nous avons cru néanmoins pouvoir combiner comme coups correspondants? Loin de vouloir affaiblir ces objections, j'ajouterai, si l'on veut, que, dans certains cas, les coups des deux stations pourraient partir à la même seconde sans que la demi-somme des deux temps de propagation fût indépendante du vent. Supposons, en effet, que le 21 juin, par exemple, une bouffée du nord eût commencé

à Villejuif à l'instant du tir de la pièce : le son, plus rapide que le vent, se serait propagé de cette station à Montlhéry comme dans une atmosphère tranquille, tandis que le bruit parti, à la même seconde, de Montlhéry aurait rencontré le vent contraire, ou du nord, avant d'atteindre Villejuif, et sa marche en aurait été plus ou moins retardée. Mais que conclure de là, si ce n'est qu'un temps fait et calme est indispensablement nécessaire pour de telles expériences? Or, si l'on remarque l'accord des résultats partiels, tant dans la transmission du son de Villejuif à Montlhéry que dans le mouvement inverse, et la légère différence des moyennes, on verra qu'il serait difficile, sous le double rapport de la constance du vent et de sa faible intensité, de trouver de plus favorables circonstances que celles dans lesquelles nous avons opéré le 21 juin. Peut-être est-il bon d'ajouter encore ici que nous n'avons indistinctement combiné les coups de 1^{k} et $1^{k}.5$ de poudre, qu'après avoir reconnu dans le tableau des expériences du 22 juin, que les vitesses de propagation sont exactement les mêmes quelle que soit la charge.

Il ne paraît donc pas, d'après toutes ces considérations, qu'on doive fixer à plus d'une demi-toise ou 1 mètre l'erreur dont notre résultat définitif peut être affecté. La correction de température pour chaque degré du thermomètre centigrade est de $0^{t}.321$ ($0^{m}.626$). Nous déduirons de là que la vitesse du son est telle qu'à la température de 10° centigrades il doit parcourir 173.01 toises ou bien 337.2 mètres dans une seconde sexagésimale.

Les deux seuls coups réciproques (si toutefois on peut appeler ainsi des coups tirés à 35 minutes d'intervalle)

observés par les académiciens de Paris, les 14 et 16 mars 1738, donnent pour vitesse moyenne 172t.56 (336m.274). La température (nous ne pouvons la connaître qu'à 1° près) devait être d'environ + 6° centigrades. Réduisant, comme tout à l'heure, le résultat expérimental à + 10°, nous trouverons pour vitesse 173t.84 (339m.42). Ce nombre, comme on le voit, surpasse notre détermination de 83/100es de toise (2m.2).

Le 22 juin, d'après la seule observation faite à Montlhéry par MM. Gay-Lussac et Bouvard, le son de Villejuif y arrivait en 54s.3. Ce nombre, combiné avec les déterminations rapportées dans le second tableau (p. 7) donnerait une vitesse de 1/99e plus forte que la veille. Il est vrai que le 22, l'hygromètre avait beaucoup marché à l'humidité et que la température s'était élevée de 2°; mais ces deux causes, dont on peut aisément calculer les effets, n'expliquent qu'une partie de la différence. Le reste dépend peut-être d'une variation que l'humidité apporte dans ce rapport des deux chaleurs spécifiques de l'air par la racine carrée duquel la formule newtonienne doit être multipliée. Il est encore possible, d'après une conjecture de M. de Laplace, que les ondulations de l'air qui constituent le son, quand on est, comme le 22 juin, tout près du terme de l'humidité extrême, déterminent une précipitation de vapeur et conséquemment un dégagement de calorique. Quant aux différences si remarquables d'intensité que les bruits du canon ont toujours présentées suivant qu'ils se propageaient du nord au sud entre Villejuif et Montlhéry, ou, du sud au nord, entre cette seconde station et la première, nous ne chercherons pas aujour-

d'hui à l'expliquer, parce que nous ne pourrions offrir au lecteur que des conjectures dénuées de preuves. Avant de terminer cette note, nous ajouterons seulement que tous les coups tirés à Montlhéry y étaient accompagnés d'un roulement semblable à celui du tonnerre et qui durait de 20 à 25 secondes. Rien de pareil n'avait lieu à Villejuif : il nous est seulement arrivé quatre fois d'entendre, à moins d'une seconde d'intervalle, deux coups distincts du canon de Montlhéry. Dans deux autres circonstances, le bruit du canon a été accompagné d'un roulement prolongé : ces phénomènes n'ont jamais eu lieu qu'au moment de l'apparition de quelques nuages ; par un ciel complétement serein, le bruit était unique et instantané. Ne sera-t-il pas permis de conclure de là qu'à Villejuif les coups multiples du canon de Montlhéry résultaient d'échos formés dans les nuages, et de tirer de ce fait un argument favorable à l'explication qu'ont donnée quelques physiciens du roulement du tonnerre ?

FORCES ÉLASTIQUES

DE L'AIR ET DE LA VAPEUR

EXPOSÉ DES RECHERCHES FAITES EN COLLABORATION AVEC M. DULONG, DE 1825 A 1829, PAR ORDRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, POUR DÉTERMINER LES FORCES ÉLASTIQUES DE LA VAPEUR D'EAU A DE HAUTES TEMPÉRATURES.

Lorsque, au commencement de ce siècle, l'usage des machines à vapeur commença à se répandre, des accidents nombreux ne tardèrent pas à éveiller l'attention publique. Le gouvernement s'émut de leur multiplicité, et il consulta l'Académie des sciences sur les moyens qui, sans entraver le développement de l'industrie ou les opérations du commerce, seraient les plus propres à prévenir les explosions des chaudières. Après une discussion approfondie qui ne dura pas moins de trois séances, l'Académie adopta, le 14 avril 1823, les conclusions d'un rapport qui lui fut présenté par M. Dupin, au nom d'une Commission composée de MM. Laplace, Prony, Ampère, Girard et Dupin, rapporteur. M. Gay-Lussac, dont la manière de voir différait à plusieurs égards des opinions adoptées dans le Rapport, avait demandé à se retirer de la Commission. Les conclusions adoptées par la majorité de l'Académie étaient ainsi conçues :

« 1° Deux soupapes de sûreté seront adaptées à la

chaudière des machines à vapeur. L'une de ces soupapes sera disposée de manière à rester hors de l'atteinte de l'ouvrier qui dirige le chauffage et le jeu de la machine. L'autre devra rester à sa disposition, pour qu'il puisse au besoin diminuer la pression de cette soupape; tandis qu'il augmenterait en vain cette pression, puisque la soupape à laquelle il ne peut toucher ouvrirait passage à la vapeur, à une plus basse limite que celle qu'il aurait l'imprudence de vouloir atteindre.

« 2° Nous proposons qu'on éprouve, par le moyen de la presse hydraulique, la force de toutes les chaudières, en leur faisant supporter une pression de quatre à cinq fois plus grande que celle qu'elles devront supporter dans le jeu habituel de la machine, tant que la pression sera comprise entre deux et quatre atmosphères; et qu'au delà de ce terme la pression d'épreuve soit autant de fois plus forte que la tension habituelle qu'éprouvera la vapeur lors du jeu de la machine, que cette tension habituelle surpasse de fois la simple pression de l'atmosphère.

« 3° Nous proposons que chaque fabricant de machines à vapeur soit tenu de faire connaître ses moyens d'épreuve et tout ce qui peut garantir la solidité et la sûreté de la machine, surtout de la chaudière et de ses appendices. Le fabricant doit faire connaître à l'autorité ainsi qu'au public la pression habituelle à laquelle doivent jouer ces machines.

« 4° On entourera d'un mur d'enceinte les chaudières des machines à vapeur qui se trouveront à proximité de

quelque habitation, dans le cas où ces machines seraient d'une force suffisante pour qu'une explosion pût renverser le mur mitoyen qui sert de limite à cette habitation et à l'établissement où se trouve la machine à vapeur. Il paraît qu'on peut, dans tous les cas, réduire à 1 mètre la distance du mur d'enceinte au mur mitoyen; à 1 mètre l'épaisseur du mur d'enceinte, et à 1 mètre la distance de ce mur à la chaudière.

« La Commission propose encore d'engager l'autorité à faire tenir un état exact de tous les accidents arrivés aux machines à vapeur de chaque système, et à publier cet état en mentionnant les effets et les causes de tels événements, le nom des manufactures où les accidents sont arrivés et le nom du fabricant de la machine. C'est de tous les moyens le plus efficace pour rendre rares les malheurs qui peuvent résulter de l'emploi des machines à vapeur, à simple, à moyenne et à haute pression. »

Le 9 octobre 1823 parut une ordonnance royale qui rendit obligatoires les mesures proposées par l'Académie, en prescrivant en outre l'emploi de rondelles métalliques fusibles à des températures qui devaient surpasser de 10 à 20° les températures correspondant à l'élasticité de la vapeur dans le travail habituel de chaque machine. Mais les ingénieurs des ponts et chaussées et des mines, chargés spécialement de l'exécution de cette ordonnance, sentirent bientôt l'impossibilité de remplir la dernière indication du règlement, alors qu'on n'avait que des données incertaines sur les forces élastiques de la vapeur qui correspondent aux diverses températures.

Le gouvernement eut de nouveau recours à l'Académie, et M. Dulong lut, le 19 juillet 1824, au nom de l'ancienne Commission à laquelle il avait été adjoint, un rapport supplémentaire dans lequel était établie une table provisoire, s'étendant jusqu'à huit atmosphères, pour servir de base à la fixation des degrés de fusibilité que devaient posséder les rondelles métalliques selon la pression pour laquelle chaque machine serait construite. M. Dulong déclarait d'ailleurs que, pour résoudre complétement les questions que soulevait le problème posé par le règlement décrété, il fallait se livrer à des recherches expérimentales, longues, pénibles et dispendieuses. Le gouvernement engagea l'Académie à entreprendre ce travail, qui fut confié à une Commission dont la composition a subi quelques changements pendant la longue durée de son existence; elle est restée définitivement formée de MM. de Prony, Ampère, Girard, Dulong et de moi. M. Dulong fut plus particulièrement chargé de la construction et de l'établissement des appareils. Toutes les observations furent faites par cet habile physicien et par moi. M. Dulong rédigea ensuite le rapport qui fut adopté par l'Académie le 30 novembre 1829. J'ai donné dans ma Notice sur les explosions des machines à vapeur[1] la table pratique qui se déduit de nos recherches; elle fournit les forces élastiques de la vapeur d'eau et les températures correspondantes de 1 à 24 atmosphères d'après l'observation et de 24 à 50 atmosphères d'après le calcul.

1. T. II des *Notices scientifiques,* t. V des *Œuvres*, p. 118.

Je n'entrerai pas ici dans le détail de toutes les opérations que M. Dulong et moi nous dûmes exécuter ; je n'exposerai pas non plus les raisons qui ont porté la Commission de l'Académie à adopter la formule

$$t = \frac{\sqrt[5]{f} - 1}{0.7153}$$

pour calculer la température en fonction de la force élastique de la vapeur. Dans cette formule t est la température exprimée en degrés centigrades, à partir de 100°, en prenant pour unité chaque intervalle de 100°, et f l'élasticité en atmosphères de 0m.760. C'est l'expression algébrique qui fournit les résultats les plus rapprochés de ceux de l'expérience.

On trouvera, dans le rapport de M. Dulong[1], un historique complet de toutes les tentatives qui avaient été faites avant nous pour résoudre le problème qui nous était posé. Je n'y reviendrai plus loin que pour défendre mon illustre ami contre des attaques qui ont été imprimées peu de temps avant sa mort ; je reproduirai les considérations que je présentai alors à l'Académie des sciences. Auparavant je donnerai la description des appareils que nous avons employés et de notre manière d'opérer ; c'est cette partie du travail que nous avons faite en commun. Je suivrai à peu près textuellement, dans cet exposé, les termes du rapport de M. Dulong.

L'appareil à employer aurait pu se réduire à deux

1. *Mémoires de l'Académie des sciences*, t. X, p. 193. et *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XLIII, p. 74.

parties essentielles : une chaudière destinée à fournir la vapeur, et un tube de verre nécessaire pour soutenir la colonne mercurielle faisant équilibre à la force élastique de la vapeur. Mais il était à craindre, si l'on essayait d'expérimenter de cette manière, que l'augmentation trop rapide de la puissance de la vapeur, et surtout la diminution instantanée qui devait suivre l'ouverture de la soupape de sûreté, chaque fois qu'on arriverait à la limite d'élasticité correspondante à une température observée, n'occasionnassent des chocs analogues à ceux du bélier hydraulique. De pareils chocs auraient pu compromettre les parties les plus fragiles des appareils et entraîner l'effusion et la perte d'une masse considérable de mercure : la prudence commandait de se mettre à l'abri de cet accident. C'est afin de l'éviter que nous avons eu recours à un manomètre pour servir de mesure intermédiaire ou de terme de comparaison.

Des circonstances locales ont d'ailleurs rendu l'emploi de la graduation du manomètre à air d'une nécessité absolue; il en est résulté le très-grand avantage au point de vue scientifique de nous donner l'occasion de vérifier, en même temps que nous résoudrions le problème qui nous était posé, une des lois physiques les plus utiles, que l'on n'étendait que par induction aux pressions très-élevées. Nous voulons parler de cette relation entre les volumes d'un gaz et les pressions correspondantes, connue sous le nom de loi de Mariotte.

Il fallait donc commencer par graduer le manomètre, c'est-à-dire qu'il fallait mesurer les colonnes de mercure capables de faire équilibre aux divers degrés d'élasticité

d'une même masse d'air réduite à des volumes successivement décroissants et peu différents les uns des autres dans les termes consécutifs.

Des expériences qui exigeaient la mesure immédiate d'une colonne de mercure de 25 à 27 mètres de hauteur ne pouvaient pas être exécutées partout ; il devenait indispensable de trouver un édifice très-élevé dont la distribution intérieure se prêtât à l'établissement des échafauds nécessaires pour ériger la colonne et pour l'observer. Nous avions d'abord songé à appuyer le tube contre la surface extérieure de l'un des murs de l'Observatoire : mais en réfléchissant, d'une part, aux frais que l'échafaudage aurait occasionnés, et de l'autre, au danger d'exposer nos instruments à toutes les intempéries de l'air, nous abandonnâmes ce projet, surtout lorsque nous aperçûmes un autre édifice qui nous parut présenter des conditions plus favorables.

Dans les bâtiments du collége de Henri IV se trouve enclavée une tour carrée, seul reste de l'ancienne église de Sainte-Geneviève ; il existait encore dans l'intérieur trois voûtes percées dans leur centre, disposition qui permettait de prendre des points d'appui plus fermes pour l'établissement de la charpente. Le collége n'ayant point encore employé ce local pour son usage, nous en fîmes la demande au proviseur et à la direction des bâtiments civils, et, après avoir rempli les formalités requises, nous obtînmes l'autorisation d'y installer nos appareils.

Au milieu de la tour s'élevait verticalement un arbre assez bien dressé sur sa face antérieure, composé de

trois morceaux de sapin, de $0^{m}.15$ d'équarrissage, assemblés à trait de Jupiter, et solidement fixés par des liens de fer aux voûtes et à la charpente qui supportait anciennement les cloches. Par ces attaches multipliées on évitait les flexions qui auraient pu rompre la colonne de verre qui devait y être appliquée.

La colonne que nous avons employée se composait de treize tubes de cristal, de 2 mètres de longueur chacun, ayant 5 millimètres de diamètre et autant d'épaisseur, fabriqués exprès dans la verrerie de Choisy. MM. Thibaudeau et Bontemps, directeurs de cette usine, d'une si grande utilité pour les arts par sa proximité de la capitale, se sont prêtés, avec une complaisance que nous ne saurions trop louer, à tous les essais que nous avons dû tenter, afin d'obtenir les qualités de verre les plus convenables, soit pour rendre les tubes capables d'une résistance suffisante, soit pour que, nonobstant leur grande épaisseur, ils pussent supporter, sans se briser spontanément, les variations de température de l'atmosphère.

Il nous parut nécessaire de trouver, pour l'établissement de cette longue colonne, le moyen de décharger les tubes inférieurs du poids des tubes plus élevés et de leurs viroles d'assemblage, poids qui aurait été suffisant pour les écraser. Nous avions d'abord imaginé de faire reposer chaque virole de jonction sur des fourchettes scellées dans le mât de sapin, et d'éviter la fracture des tubes, qui aurait pu résulter de l'inégale dilatabilité de leur matière et de celle de leur support, en employant des tiges de compensation; nous avions même déjà

déterminé les coefficients de dilatation des substances dont les effets devaient être opposés l'un à l'autre, lorsqu'il nous vint à l'esprit un autre moyen plus simple qui a parfaitement réussi.

Les tubes de verre ont été réunis par des viroles, dont on voit la coupe verticale dans la figure 1.

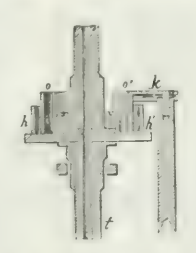


Fig. 1. — Mode d'assemblage des tubes de verre dans l'appareil de MM. Dulong et Arago pour la vérification de la loi de Mariotte.

La virole supérieure s'appuyait, par une surface dressée, sur un cuir qui recouvrait le fond de la virole inférieure. Un écrou roulant, que l'on pouvait serrer avec une griffe, permettait de faire joindre les surfaces de contact, de manière à résister à une très-forte pression intérieure.

Le bord relevé *hh'* était destiné à contenir le mastic que l'on coulait, au besoin, sur la jointure, pour s'opposer à la fuite du mercure, et en même temps pour assujettir dans une position horizontale la languette *k*, dressée sur sa face supérieure, qui servait de point de repère pour la mesure des hauteurs et qui faisait partie d'une pièce indépendante *oo'*.

Le tube inférieur *t* était maintenu dans un collier *cc'* en fer (fig. 2 et 3) fixé par une patte à vis sur la face

antérieure de l'arbre de sapin. Au moyen de la vis t', on maintenait la virole dans une position à peu près invariable, en ne lui laissant que le jeu strictement nécessaire pour obéir aux variations de température. Les secousses latérales se trouvaient par là complétement évitées.

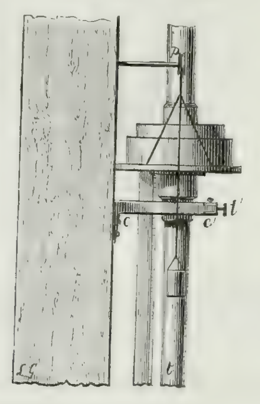


Fig. 2. — Mode d'attache des tubes de verre à l'arbre vertical servant de support (coupe verticale).

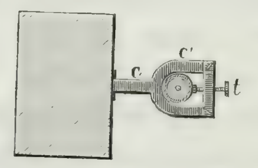


Fig. 3. — Mode d'attache des tubes de verre à l'arbre vertical servant de support (plan).

Afin de décharger les tubes inférieurs du poids de tout le reste de la colonne, on avait disposé au-dessus de chaque virole deux poulies p, p' (fig. 2, 4 et 5), sur lesquelles passaient des cordons attachés par un bout à la virole située immédiatement au-dessous, et portant

à l'autre extrémité un petit seau de fer-blanc dans

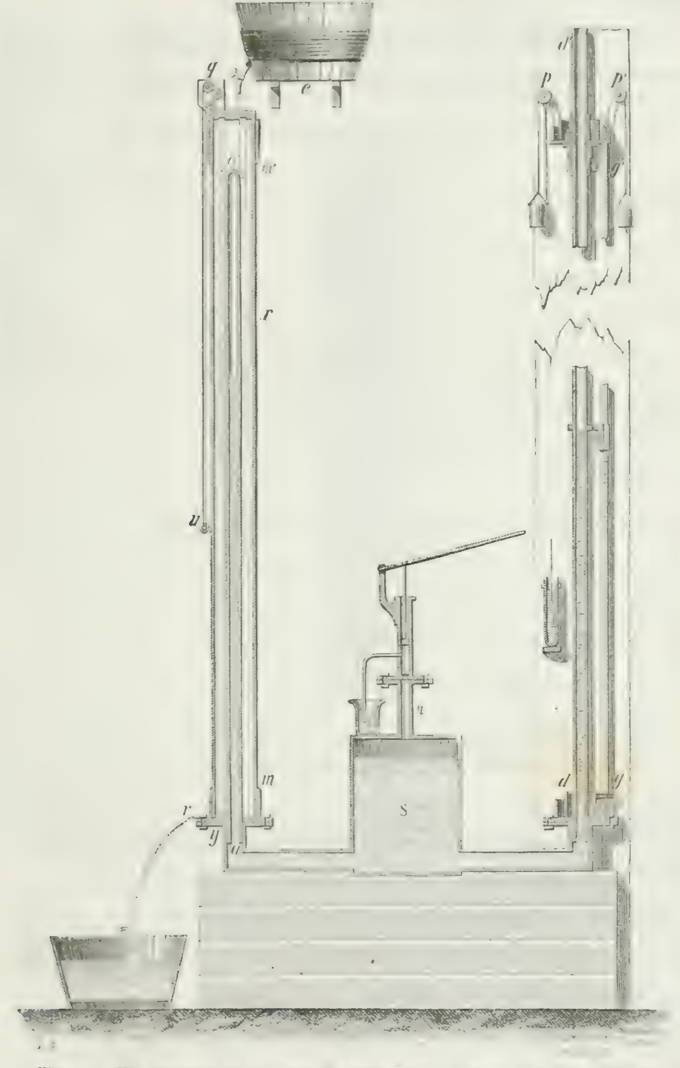


Fig. 4. — Vue générale de l'appareil de MM. Dulong et Arago pour la vérification de la loi de Mariotte (coupe verticale).

lequel on mettait de la grenaille de plomb, jusqu'à ce que la charge totale fît à peu près équilibre au poids de chaque virole et du tube qu'elle portait.

Par cette disposition, que l'on voit représentée en perspective dans la figure 5, les tubes inférieurs n'étaient

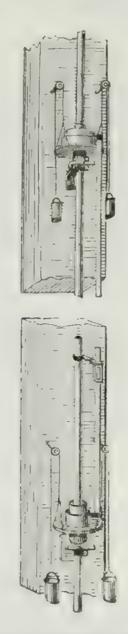


Fig. 5. — Vue en perspective du mode de suspension destiné à empêcher les tubes inférieurs d'être comprimés par les tubes supérieurs.

pas plus comprimés que les supérieurs; toute la colonne pouvait se mouvoir verticalement d'une seule pièce par le plus léger effort, ce qui rendait très-faciles les manipulations que l'on pouvait avoir besoin d'exécuter pour la réunir aux autres parties de l'appareil.

On reconnaît sur la figure 4, que la première virole était appliquée sur l'un des orifices latéraux d'un vase S

en fonte douce à trois tubulures, de 2 centimètres d'épaisseur, et capable de contenir 50 kilogrammes de mercure. Sur l'autre orifice, opposé au premier, se trouvait placé le manomètre, partie essentielle de l'appareil dont nous devons donner une description détaillée pour que l'on puisse apprécier le degré d'exactitude qu'il comporte dans ses indications.

Le tube manométrique *aa'* (fig. 4), des mêmes dimensions en diamètre et en épaisseur que les tubes de la colonne *dd'*, avait seulement $1^{m}.70$ de longueur. Avant de le mettre en place, il avait été gradué avec beaucoup de soin, mais sans qu'on pratiquât aucun trait sur sa surface extérieure, parce qu'il devait être soumis à des pressions très-fortes ; deux petits morceaux d'étain laminés, appliqués avec du vernis sur la paroi extérieure, servaient de points de repère. Après l'avoir fermé à la lampe par le bas, on l'avait étranglé près de l'autre bout, en ne laissant subsister qu'un canal très-délié et à parois assez minces pour être facilement fondues au chalumeau. Ce tube étant placé sur une planche verticale à côté d'une règle divisée munie d'un voyant et d'un vernier, dans la position même où il devait être pendant l'expérience, on dressa une table des longueurs correspondant à un même volume de mercure dans toute l'étendue du tube. Nous passons sous silence une multitude de détails que les personnes habituées à ce genre d'opérations se représenteront aisément. Nous dirons seulement que ce procédé avait été adopté pour éviter l'erreur assez grande qui aurait pu résulter, dans les hautes pressions, de la convexité de la colonne de mercure, si la mesure du

volume n'eût pas été faite dans les mêmes circonstances que la graduation.

Le tube manométrique, coupé ensuite par le bas et portant encore à sa partie supérieure le canal délié dont nous avons parlé, fut mastiqué dans la virole en fer *bb'* (fig. 6). Pour diminuer l'effort qu'il aurait à supporter

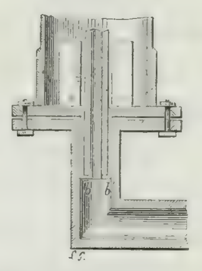


Fig. 6. — Ajustage du tube manométrique dans le conduit communiquant avec la pompe de compression.

dans l'expérience, le fond de cette virole n'offrait qu'une ouverture égale à la section de la colonne liquide qui devait être soulevée. Sans cette disposition, qui supprimait la pression exercée contre la surface annulaire du verre, les mastics n'auraient pu résister et le tube eût été arraché. La même précaution avait été prise pour tous les tubes de la grande colonne *dd'* (fig. 4).

Avant de mettre en place le tube manométrique, on l'avait desséché intérieurement; mais, pour plus de sûreté on mit dans le vase de fonte une quantité de mercure suffisante pour faire plonger de 2 ou 3 centimètres l'orifice inférieur du tube, et l'on fit passer pendant longtemps, à l'aide d'une machine pneumatique, un courant d'air sec qui entrait par le canal étroit encore existant dans le haut et qui sortait à travers le liquide métallique.

Lorsqu'on présuma qu'il ne devait plus rester de traces d'humidité, on fondit avec le dard du chalumeau le tube capillaire à un point marqué lors de la graduation ; le manomètre se trouva ainsi fermé et rempli d'air sec. Cette opération, exécutée avec adresse, ne pouvait occasionner aucune erreur sensible. On s'en est assuré, d'ailleurs, en vérifiant la graduation après avoir terminé les expériences.

Dans un plan passant par l'axe de ce tube manométrique s'élevaient de part et d'autre deux règles verticales de laiton, dont l'une, divisée en millimètres, portait un vernier attaché à un voyant, tel que celui qui est employé dans le baromètre de Fortin. Ces règles étaient assujetties dans le haut à une traverse en cuivre et fixées dans le bas sur la platine de la virole.

Les variations de température de l'air, qui ne se communiquent qu'après un temps assez long à une masse de verre de quelques millimètres d'épaisseur, nous auraient laissés dans une incertitude continuelle sur la vraie température du gaz renfermé dans le manomètre, s'il eût été exposé à l'air libre. Le seul moyen de lui donner, dans toutes ses parties, un même degré de chaleur et un degré facilement appréciable, était de le placer au milieu d'une masse d'eau continuellement agitée, afin que les couches situées à des hauteurs différentes ne fussent pas inégalement chaudes.

Tel est le but auquel était destiné le manchon de verre *mm'* (fig. 4, p. 23) qui enveloppe le tube et les règles. Un filet d'eau coulait continuellement d'un réservoir *e* supérieur, et, après avoir parcouru rapidement toute la

longueur du manomètre, s'échappait par un robinet *r*, situé dans le bas.

Le liquide du réservoir étant d'ailleurs à la température de l'air ambiant, la masse de gaz contenue dans le tube manométrique devait posséder dans toutes ses parties une température uniforme, que l'on déterminait par un thermomètre *x* suspendu au milieu du liquide environnant. On voit en *u*, *q*, *y*, le mécanisme indispensable pour manœuvrer le voyant et pour prendre le niveau dans chaque observation. C'est un cordon de soie dont les deux bouts sont attachés à la pièce mobile, et qui, en passant sur les trois poulies supérieures et sur la poulie inférieure, s'enroule sur le tourniquet extérieur *u*, qu'il suffit de tourner dans un sens ou dans l'autre pour faire monter ou descendre le voyant et le vernier qui en fait partie.

On doit voir, par cette description, que ce genre d'observation comportait la même exactitude que la mesure des hauteurs du baromètre dans l'instrument de M. Fortin. Dire que cet habile artiste avait construit cette partie de l'appareil, c'est donner la plus forte garantie de la perfection avec laquelle elle a été exécutée.

Enfin la troisième tubulure *n* du vase de fonte pouvait recevoir à volonté une pompe à liquide ou à gaz. Nous nous sommes d'abord servis de celle-ci, afin qu'il n'y eût pas d'humidité dans le vase de fonte; mais, après avoir reconnu que la hauteur du mercure contenu dans le réservoir était suffisante pour empêcher l'eau de passer dans le manomètre, nous lui avons substitué la pompe à eau, beaucoup plus expéditive.

Nous avons commencé par déterminer le volume initial de l'air du manomètre et son élasticité à une température connue. Le volume était obtenu par l'observation du point de la règle auquel correspondait le sommet de la colonne de mercure, et en transportant ces mesures sur la table de graduation dont il a été parlé plus haut (p. 25). L'élasticité se composait de la hauteur du baromètre au même moment et de la différence de niveau des deux colonnes de mercure dans le grand tube vertical et dans le manomètre lui-même, différence qui était prise à l'aide du micromètre déjà employé par MM. Dulong et Petit dans leurs belles recherches sur la mesure des températures et sur les lois de la communication de la chaleur, recherches auxquelles l'Académie des sciences a décerné le grand prix de physique en 1818.

Cet instrument (fig. 7, p. 30) se compose d'une règle épaisse de cuivre *ab*, le long de laquelle glisse à frottement doux une pièce de cuivre *mnprs*, portant à ses deux extrémités *m* et *s*, deux collets dans lesquels tourne une lunette micrométrique *oo'*, munie à son foyer d'un fil horizontal. A la lunette est suspendu un niveau très-sensible à bulle d'air, dont le tube gradué sert à régler l'axe optique. Cette pièce de cuivre *mnprs* est susceptible de deux mouvements, l'un très-rapide en desserrant la vis latérale *c*, l'autre très-doux produit par la vis de rappel *d*. Tout l'instrument tourne enfin autour d'un axe vertical qui repose sur un plan triangulaire de cuivre épais, muni d'une vis à chacun de ses sommets.

La construction de cet instrument permet, comme on le voit, de mesurer la différence de hauteur de deux

points qui ne sont pas situés dans la même verticale. Il faut pour cela, après avoir dirigé la lunette sur l'un des points, faire tourner l'axe pour la ramener dans l'azimut de l'autre point. On la descend alors, ou on la monte d'une quantité convenable qui se mesure sur une échelle tracée sur la face opposée de la règle *ab*, à l'aide d'un vernier mû par la pièce *mnprs*. L'emploi d'une vis

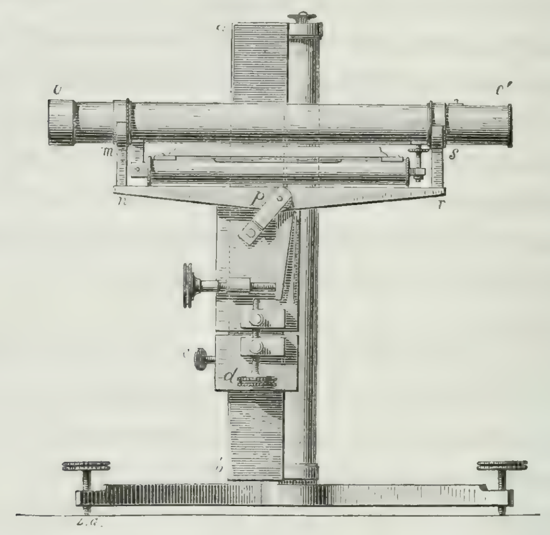


Fig. 7. — Micromètre destiné à mesurer les différences de niveau du mercure dans le grand tube vertical et dans le tube manométrique.

micrométrique aurait peut-être été préférable sans la promptitude d'exécution qu'exigeaient nos expériences. Du reste, le vernier nous permettait d'apprécier les cinquantièmes de millimètre, et cette précision nous a paru suffisante.

Pour donner à cet instrument toute l'exactitude désirable, il fallait que les plus petites différences de niveau

fussent appréciables, et que, dans le passage d'une observation à l'autre, la lunette conservât son horizontalité, ou du moins qu'on pût tenir compte de ses dérangements. On a satisfait à la première condition en donnant un grossissement suffisant à la lunette; et quant à la seconde, le soin particulier avec lequel le micromètre a été fait et la solidité de l'appui sur lequel il reposait, et qui était indépendant du reste de l'appareil, auraient pu la faire regarder comme remplie : néanmoins on avait mesuré d'avance, pour la distance à laquelle pointe la lunette, à quelle différence de hauteur répondrait un changement d'inclinaison égal à une partie du niveau. Cette donnée suffisait pour corriger les observations dans lesquelles le niveau se dérangeait.

Les procédés dont on se sert pour régler de semblables instruments sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler. On sait que, par des retournements convenables de la lunette, tant sur elle-même que sur ses collets, et par des observations dans les différents azimuts où on peut la placer en tournant l'axe de l'instrument, on parvient à rendre cet axe vertical et l'axe optique de la lunette horizontal.

Le soin que l'on avait eu de choisir le grand tube vertical et le tube manométrique du même diamètre dispensait de toute correction de capillarité. En faisant agir l'une ou l'autre pompe, on réduisait à volonté le volume de l'air du manomètre, et le mercure s'élevait dans la colonne verticale *dd'* (fig. 4, p. 23) jusqu'à ce qu'il y eût équilibre; il était donc facile de prendre des termes aussi rapprochés qu'on le désirait.

A chaque observation on déterminait le volume de l'air, comme il vient d'être dit (p. 29); pour connaître la hauteur de la colonne de mercure, on avait mesuré d'avance la différence invariable de hauteur de deux repères consécutifs à l'aide d'une règle divisée gg', dont le zéro coïncidait avec le plan supérieur du repère immédiatement au-dessous, et l'autre bout portait une languette complémentaire que l'on poussait jusqu'à ce qu'elle affleurât la surface supérieure du repère suivant (fig. 1, p. 21). On avait fait d'avance le relevé de toutes les distances comprises entre les viroles consécutives, en sorte qu'il ne restait, dans chaque observation, qu'à connaître le numéro du tube où la colonne de mercure se terminait et à mesurer la différence de niveau du sommet de cette colonne avec le repère immédiatement au-dessous; cette détermination se faisait avec la même règle, qui s'adaptait également à toutes les stations, et qui était pour cette raison munie d'un voyant et d'un vernier.

Ces mesures, pour être faites exactement, exigeaient qu'on pût placer l'œil à la hauteur du sommet de la colonne, en quelque point qu'il se trouvât. L'établissement primitif nécessitait aussi des manipulations assez délicates à la jonction de tous les tubes; il existait pour cela des échafauds de 2 en 2 mètres, avec des échelles de communication dans toute la hauteur de l'arbre de sapin. Enfin, on avait distribué six thermomètres dans toute l'étendue de la colonne pour apprécier la densité du mercure, et, afin que leurs indications fussent plus approchées, leurs réservoirs plongeaient dans des por-

tions de tube des mêmes dimensions que les tubes de la grande colonne et remplies de mercure.

Nous avons fait trois séries d'expériences sur la même masse d'air. Nous en rapporterons seulement les résultats tout calculés et ramenés à la même température.

Table des forces élastiques et des volumes correspondants d'une même masse d'air atmosphérique, la température étant supposée constante pendant chaque observation.

Ire SÉRIE.

Élasticité exprimée en atmosphères de 0m,76 de mercure.	Élasticité exprimée en centimètres de mercure.	Volumes observés ramenés à une températ. constante.	Volumes calculés d'après la loi de Mariotte.	Température en degrés centigrades.
1	80.090	479.730	〃	14.3
2	156.900	244.687	244.880	14.3
4	326.706	117.168	117.600	14.4
4.8	365.452	104.578	105.205	14.5
6.5	504.072	75.976	76.222	14.5
7	557.176	68.910	69.007	14.5
9	688.540	55.450	55.801	14.5
11.6	883.940	43.359	43.466	14.5
12	933.346	40.974	41.137	14.5
14	1070.862	35.767	35.881	14.5

IIe SÉRIE.

1	79.497	481.806	〃	13.3
2	156.112	244.986	245.205	13.5
4	313.686	121.542	121.989	13.6
4.7	362.110	104.795	105.488	12.5
5	381.096	99.590	100.253	12.5
6.1	464.752	81.787	82.218	12.6
6.6	508.070	74.773	75.208	12.6
6 6	506.592	74.985	75.427	12.6
7.6	578.162	65.723	66.090	12.6
7.6	580.002	65.473	65.881	12.6
8	637.108	59.767	60.039	13.8
11.5	875.052	43.428	43.682	13.7

11.6	881.202	43.146	43.378	13.7
12	962.108	39.679	39.758	14.5
16.6	1269.132	30.136	30.140	13.7

IIIᵉ SÉRIE.

1	76.000	501.300	"	13
4.75	361.248	105.247	105.470	13
4.94	375.718	101.216	101.412	13
5	381.228	99.692	99.946	13
6	462.518	82.286	82.380	13
6.58	500.078	76.095	76.193	13
7.6	573.738	66.216	66.417	13
11.3	859.624	44.308	44.325	13
13	999.236	37.851	38.132	13
16.5	1262.000	30.119	30.192	13
17	1324.506	28.664	28.770	13
19	1466.736	25.885	25.978	13
21.7	1653.490	22.968	23.044	13
21.7	1658.440	22.879	22.972	13
24	1843.850	20.547	20.665	13
26.5	2023.666	18.833	18.872	13
27	2049.868	18.525	18.588	13

Indépendamment de l'objet principal que nous nous étions proposé en faisant les expériences précédentes, on pouvait encore, ainsi que nous l'avons dit en commençant, s'en servir pour constater si la loi de Mariotte s'étend jusqu'à des pressions très-élevées. La comparaison des chiffres des troisième et quatrième colonnes du tableau démontre que la loi de la compression par laquelle le volume devient la moitié, le tiers, le quart, etc., du volume primitif quand la pression devient le double, le triple, le quadruple, etc., de la pression primitive, est vérifiée directement jusqu'à 27 atmosphères pour l'air atmosphérique avec une approximation suffisante. Notre intention était de profiter du même appareil pour recher-

cher si les autres gaz permanents obéissent à la même loi, mais nous n'avons pas pu obtenir de l'administration des bâtiments civils la prolongation de la jouissance du local où notre appareil de compression était établi. Cette circonstance nous a d'autant plus affectés, que nous aurions pu achever en très-peu de temps d'éclaircir ce point important de la mécanique des gaz.

Les expériences précédemment décrites pouvaient servir à faire connaître, par le volume de l'air du manomètre, les pressions correspondantes qui ne dépasseraient pas 29 atmosphères. Il suffisait de faire communiquer une chaudière avec le réservoir du manomètre pour mesurer l'élasticité de la vapeur, avec la même précision que si l'on eût observé immédiatement la colonne de mercure qui lui aurait fait équilibre. On avait même l'avantage, en opérant ainsi, d'éviter les inconvénients déjà signalés des grandes oscillations de la colonne métallique. L'appareil avait été disposé de manière qu'on pût substituer une chaudière à vapeur à la pompe de compression, sans déranger aucune autre pièce.

Mais, après avoir remarqué que la moindre explosion pouvait entraîner l'éboulement des trois voûtes de la tour du collége Henri IV dont l'état de délabrement faisait craindre même une chute spontanée ; effrayés des conséquences d'un pareil accident qui aurait pu compromettre les bâtiments environnants, nous nous déterminâmes à faire les expériences sur la vapeur d'eau dans une des cours de l'Observatoire. Il fallut donc y transporter le manomètre sans le séparer du réservoir en fonte auquel il était adapté, afin que les nouvelles indications de l'in-

strument fussent identiques avec les premières. Cette translation n'était pas sans difficulté, à cause du poids énorme de l'ensemble de l'appareil et des grandes dimensions du tube à air. Cependant, par des précautions multipliées, nous avons réussi à l'opérer, en conservant la



Fig. 8. — Appareil de MM. Dulong et Arago pour la détermination de la force élastique de la vapeur d'eau (vue en perspective).

même masse d'air qui existait primitivement dans le tube. Ce point important a été soigneusement vérifié.

On peut prendre une idée générale de l'appareil en jetant les yeux sur la figure 8, où il est représenté en

perspective, et sur la figure 9, qui en offre une coupe verticale dans laquelle on a supprimé les parties accessoires pour éviter la confusion.

La chaudière *a* (fig. 9), d'une capacité de 80 litres

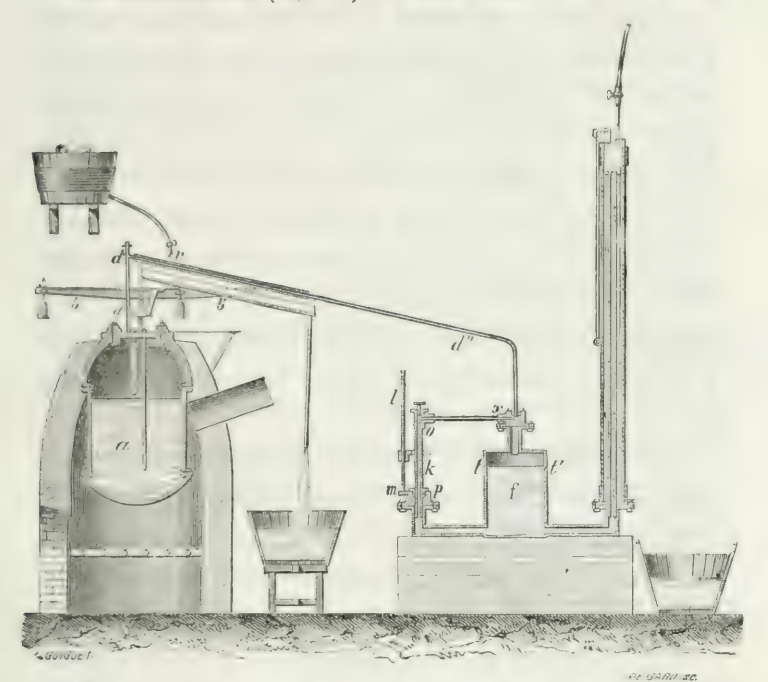


Fig. 9. — Appareil de MM. Dulong et Arago pour la détermination de la force élastique de la vapeur d'eau (coupe verticale).

environ, a été construite dans les ateliers de Charenton, sous la direction de M. Wilson, dont les lumières et l'expérience nous ont été très-utiles. Elle était formée de trois morceaux de tôle de première qualité, fabriquée exprès, ayant 13 millimètres d'épaisseur dans sa partie cylindrique, et beaucoup plus vers le fond et près de l'orifice. Cet orifice, de 17 centimètres de dia-

mètre, était fermé par une plaque de fer battu de $4^{cent}.5$ d'épaisseur et de 26 centimètres de diamètre. La plaque portait en dessous une languette circulaire bien dressée sur sa face inférieure, qui était reçue dans une rainure de la même forme, pratiquée dans l'épaisseur du bord de la chaudière, et dont le fond était garni d'une lame de plomb. En dedans de cette rainure on avait fait entrer, à force, de dedans en dehors, six boulons d'acier à large tête, de 35 millimètres de diamètre, qui traversaient le couvercle, et dont la partie supérieure taraudée recevait un écrou à pans. En interposant entre l'écrou et le couvercle un anneau de plomb, ce métal s'introduisait, pendant le serrage, dans tous les interstices, de manière à fermer hermétiquement, même pour les plus fortes pressions.

Toute cette fermeture demandait impérieusement une matière sans défauts et un travail soigné. Le couvercle seul devait en effet pouvoir supporter, dans quelques expériences, un effort intérieur équivalant à près de 20,000 kilogrammes; et, bien que les dimensions eussent été calculées dans les suppositions les plus défavorables, avant de faire usage de cette chaudière, il était prudent de l'essayer. C'est ce que nous avons d'abord voulu faire à l'aide d'une pompe à eau, telle que celles qui sont employées pour le service des presses hydrauliques. Pour appliquer à notre chaudière l'article du règlement concernant les essais préalables, il aurait fallu la soumettre à une pression de 150 atmosphères; mais bien avant ce terme, quelques fissures du métal et plusieurs des joints rivés laissaient sortir une quantité d'eau

égale à celle que la pompe permettait d'injecter dans le même temps, de sorte que la pression ne pouvait plus être augmentée. En faisant ces essais nous avons eu l'occasion de remarquer dans quelles erreurs on peut être jeté quand on estime la pression, comme on le fait ordinairement, par une soupape conique chargée d'un poids qui doit être soulevé. Indépendamment de la difficulté de connaître l'étendue de la surface exposée à la pression intérieure, l'adhérence très-variable de la soupape, selon sa position, avec les parois de la cavité où elle est reçue, peut occasionner des différences énormes, quoique la pression soit réellement la même. Il serait préférable d'employer des soupapes planes qui nécessiteraient, il est vrai, des soins assidus pour être en bon état, ou, mieux encore, un manomètre conique, lorsque les forces de compression ne dépasseraient pas 50 ou 60 atmosphères. Comme il nous aurait fallu beaucoup de temps pour adapter ce mécanisme à notre pompe, et que, d'ailleurs, la haute température à laquelle la chaudière devait être exposée nous aurait encore laissés dans l'incertitude sur l'affaiblissement qui pouvait en résulter dans la cohésion des substances métalliques, nous avons préféré la soumettre à une épreuve plus rassurante, en la plaçant dans les conditions mêmes de l'expérience et sous l'influence d'une force expansive plus grande que celle qui devait faire le sujet de nos observations. C'est principalement pour cet essai que nous imaginâmes la soupape que l'on voit représentée en *bb'* (fig. 9), et dont la construction offre l'avantage que l'on n'obtiendrait pas avec celles qui sont commu-

nément usitées, de donner une libre issue à la vapeur aussitôt que son élasticité a dépassé le terme pour lequel les deux poids ont été calculés d'avance.

Les poids mobiles sur les deux bras du levier ont été composés de plusieurs pièces susceptibles d'être réunies ou séparées, ce qui permettait de faire varier leur grandeur selon la pression à laquelle on se proposait d'atteindre, et le moindre soulèvement de la soupape les faisait glisser, l'un vers le centre de mouvement, et l'autre vers l'extrémité du bras opposé, de manière à laisser constamment ouvert l'orifice par où la vapeur pouvait s'échapper.

Le refroidissement occasionné par la perte de vapeur à travers les jointures et par un vent assez violent, réuni à quelques autres dispositions peu favorables du fourneau provisoire établi dans les ateliers de Charenton, ne nous permit pas d'observer le soulèvement de la soupape dont la charge avait été calculée pour une élasticité de 60 atmosphères ; mais nous avions eu la précaution de mettre un thermomètre dont l'échelle pouvait être observée de loin avec une lunette, et la température de 240°, à laquelle parvint l'intérieur de la chaudière, nous fit présumer, d'après quelques résultats obtenus en Angleterre, que nous avions dû approcher de ce terme, de sorte que l'épreuve ne fut pas poussée plus loin. On verra par la table qui résume les résultats de nos expériences (p. 46) que, dans cette circonstance, la force de la vapeur n'avait été que la moitié environ de celle à laquelle nous croyions avoir soumis notre instrument.

Cette chaudière, ainsi essayée, fut établie sur un

fourneau d'une masse assez considérable pour que le système n'éprouvât pas des variations trop brusques de température. Un tuyau de fer $dd'd''$, composé de plusieurs canons de fusil, s'élevait d'abord verticalement au-dessus du couvercle, et sa branche latérale $d'd''$, légèrement inclinée, allait s'adapter par son autre extrémité à la tubulure moyenne du réservoir en fonte *f*. C'est par ce tuyau que la pression se transmettait au manomètre. On commençait par le remplir d'eau avant l'expérience, et, pour apprécier exactement la pression exercée par cette colonne, qui s'ajoutait à celle de la vapeur, on faisait continuellement tomber un filet d'eau froide sur des linges placés en *v*, près du coude supérieur. L'intérieur de l'appareil étant vide d'air, on conçoit qu'il s'établissait une distillation continuelle qui devait remplacer les petites portions de liquide que l'accroissement d'élasticité de la vapeur avait fait écouler dans le vase de fonte, et que, pendant toute la durée de l'expérience, le mercure était surmonté d'une colonne d'eau qui s'élevait constamment jusqu'à la jonction du tuyau incliné avec le tuyau vertical *d*.

Le niveau variable tt' du mercure dans le réservoir de fonte était connu à chaque instant par l'observation de la colonne *kp*, communiquant par le haut avec le même réservoir, au moyen d'un tube de plomb *ox*. La hauteur du mercure au-dessus d'un repère fixe était prise sur la règle *lm* déjà décrite. Enfin, la force élastique de la vapeur s'obtenait en ajoutant à l'élasticité correspondante au volume de l'air du manomètre la hauteur de la colonne mercurielle soulevée dans cet instrument au-dessus

du niveau tt', et en retranchant la pression due à la colonne d'eau comprise entre ce même niveau et le point fixe d'. Cette dernière quantité, qui ne variait que de quelques centimètres, avait été déterminée relativement à un point fixe de la règle lm, et la position variable du sommet k servait à trouver ce qu'il fallait ajouter ou retrancher à cet élément dans chaque cas particulier.

La mesure exacte des températures présentait quelque difficulté. Le thermomètre, quel qu'il fût, ne devait point être exposé immédiatement à la pression de la vapeur; car, lors même qu'il aurait pu la supporter sans en être brisé, il aurait fallu tenir compte des effets de la compression, dont l'évaluation eût été assez embarrassante. C'est pour obvier à cet inconvénient que l'on a introduit dans la chaudière deux canons de fusil fermés par un bout et amincis, au point de ne conserver que la résistance nécessaire pour ne point être écrasés pendant l'expérience. L'un descendait presque jusqu'au fond de la chaudière, l'autre ne dépassait pas le quart de sa profondeur.

C'est dans l'intérieur de ces cylindres remplis de mercure que l'on plaçait les thermomètres; le plus court servant à donner la température de la vapeur, et le plus long celle de l'eau qui conservait encore la forme liquide. Ce moyen, le seul praticable dans des expériences de cette nature, serait très-défectueux si l'on ne réunissait pas les circonstances convenables pour rendre très-lentes les variations de température. C'est une des causes qui nous avaient fait donner à la chaudière et au fourneau des dimensions plus considérables que celles dont on aurait

pu sans cela se contenter; mais nous nous sommes assurés à plusieurs reprises que, près du maximum, les plus légères variations d'élasticité de la vapeur, en plus ou en moins, étaient accompagnées de variations correspondantes dans les indications des thermomètres.

Si l'on se fût contenté de plonger les réservoirs de ces instruments dans les enveloppes dont il vient d'être question, les corrections relatives à la température toujours beaucoup plus basse des tiges, situées au dehors, eussent été trop incertaines. Il est vrai qu'on aurait pu se dispenser de ce soin, en employant des thermomètres à poids; mais les observations devant être très-multipliées, nous avons préféré conserver à l'instrument sa forme ordinaire, en donnant à la tige tout entière une température uniforme et facile à déterminer.

On voit sur la figure 10 que cette tige se recourbait

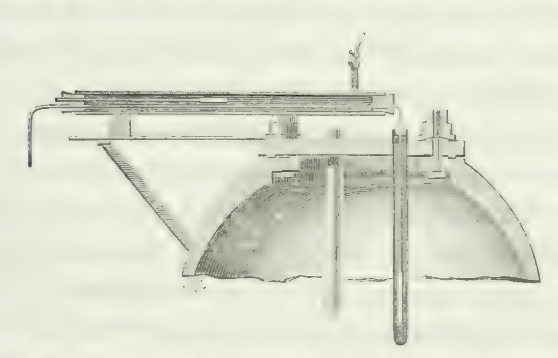


Fig. 10. — Disposition du thermomètre destiné à donner la température de la vapeur d'eau.

à angle droit au-dessus du couvercle de la chaudière, et était enveloppée par un tube de verre dans lequel on faisait couler de l'eau provenant d'un grand réservoir.

La température de ce liquide, qui variait très-lentement, se communiquait à la tige, et était accusée par un autre thermomètre plus petit situé horizontalement à côté. A chaque observation, on avait soin de lire, après l'indication principale de chaque thermomètre, la température du mercure de la tige, et, par un calcul très-simple, on pouvait atteindre à la même précision que si le thermomètre tout entier eût été plongé dans la chaudière. Il est presque inutile de dire que ces instruments avaient été exactement calibrés, et qu'ils présentaient dans leur graduation toute la précision que l'on sait maintenant leur donner.

D'après la description que nous venons de faire de l'appareil, on doit se représenter facilement la manière d'opérer. La chaudière étant chargée de la quantité d'eau convenable pour que le réservoir du petit thermomètre fût tout entier au-dessus de sa surface, on tenait le liquide en ébullition pendant 15 ou 20 minutes, la soupape de sûreté étant ouverte, ainsi que l'extrémité d' (fig. 9, p. 37) du tube vertical, pour chasser complétement l'air atmosphérique et les gaz dissous. On fermait alors toutes les ouvertures, et l'on réglait les robinets d'écoulement, soit pour le manomètre, soit pour les tiges des thermomètres, soit enfin pour la condensation de la vapeur dans la partie v du tuyau de fer. On chargeait d'avance le fourneau d'une quantité de combustible plus ou moins grande selon le degré plus ou moins élevé que l'on se proposait d'obtenir; puis on attendait que la marche ascendante de la température se ralentît; l'un de nous observait le manomètre et l'autre les thermomètres; et, lorsque le

réchauffement ne faisait plus que des progrès très-lents, nous commencions à noter les indications simultanées du manomètre, des quatre thermomètres de la chaudière et la hauteur du mercure dans le tube latéral *op*. Nous prenions ainsi plusieurs nombres très-rapprochés, jusqu'à ce que nous eussions atteint le maximum : c'était seulement l'observation faite à ce terme qui était calculée : les précédentes et les suivantes ne servaient qu'à garantir des erreurs de lecture. Lorsque le manomètre et les thermomètres avaient sensiblement baissé, on mettait une nouvelle dose de combustible et l'on procédait de la même manière. On ne pouvait pas, à la vérité, obtenir ainsi la force élastique correspondante à une température déterminée. Toutefois, en faisant un grand nombre d'observations, on a fini par avoir des termes assez rapprochés dans toute l'étendue de l'échelle. Nous avions l'intention de pousser les expériences jusqu'à 30 atmosphères; mais la chaudière perdait une si grande quantité d'eau, qu'il nous fut impossible d'aller au delà de 24. Mais il sera permis de suppléer par une table ou une formule aux observations directes, même pour des pressions beaucoup plus éloignées de la limite à laquelle nous avons été contraints de nous arrêter à cause de l'insuffisance de nos appareils.

Les explications précédemment données indiquent assez la manière dont les observations devaient être calculées. Comme toutes les échelles étaient arbitraires, ces calculs ont exigé beaucoup de temps; il serait inutile de rapporter ici tous les intermédiaires; nous nous contenterons de donner les résultats définitifs. La

comparaison des termes très-rapprochés a servi de vérification :

	Indication des numéros de l'observation			Petit thermom.	Grand thermom.	Force élastique en mètres de mercure.	Force élastique en atmosph. de 0m.76.	Conditions des observations [1].	Force élastique en mètres de mercure à 0°.
				degrés	degrés				
1	29	oct.	3e	122.97	125.70	1.62916	2.140	max.	1.62916
2	25	oct.	1re	132.58	132.82	2.18230	2.870	a.	2.1767
3	28	oct.	1re	132.64	133.30	2.18726	2.880	p. max.	2.1816
4	28	oct.	2e	137.70	138.30	2.54456	3.348	a.	2.5386
5	29	oct.	5e	149.54	149.70	3.48400	4.584	max.	3.4759
6	28	oct.	3e	151.87	151.90	3.6[illegible]536	4.860	a.	3.6868
7	25	oct.	2e	153.64	153.70	3.8[illegible]050	5.120	a.	3.8810
8	2	nov.	1re	163.00	163.40	4.94[illegible]90	6.510	max.	4.9383
9	30	oct.	4e	168.40	168.50	5.61754	7.391	max.	5.6054
10	28	oct.	4e	169.57	169.40	5.78624	7.613	a. l.	5.7737
11	23	oct.	3e	171.88	172.34	6.1[illegible]700	8.114	a.	6.1510
12	28	oct.	5e	180.71	180.70	7.51[illegible]74	9.893	p. max.	7.5001
13	25	oct.	4e	183.70	183.70	8.0[illegible]29	10.600	a.	8.0352
14	28	oct.	6e	186.80	187.10	8.72218	11.480	a. l.	8.6995
15	22	oct.	2e	188.30	188.50	8.86310	11.660	max.	8.8400
16	25	oct.	5e	193.70	193.70	10.0254	13.190	a.	9.9989
17	28	oct.	7e	198.55	198.50	11.0470	14.530	a. l.	11.0190
18	25	oct.	6e	202.00	201.75	11.8929	15.650	a.	11.8620
19	24	oct.	1re	203.40	204.17	12.3210	16.240	a. l.	12.2903
20	25	oct.	7e	206.17	206.10	13.0211	17.130	a.	12.9872
21	2	nov.	6e	206.40	206.80	13.0955	17.230	max.	13.0510
22	24	oct.	2e	207.09	207.40	13.1670	17.300	p. max.	13.1276
23	28	oct.	8e	208.45	208.90	13.7204	18.050	a.	13.6843
24	25	oct.	8e	20[illegible].[illegible]0	209.13	13.8049	18.160	a.	13.7690
25	25	oct.	9e	210.47	210.50	14.1001	18.550	p. max.	14.0634
26	28	oct.	9e	215.07	215.30	15.5407	20.440	a.	15.4995
27	28	oct.	10e	217.23	217.50	16.1948	21.340	a.	16.1528
28	28	oct.	11e	218.30	218.40	16.4226	21.600	p. max.	16.3816
29	30	oct.	8e	220.40	220.80	17.2248	22.660	a.	17.1826
30	30	oct.	11e	223.88	224.15	18.2343	23.994	max.	18.1894

1. Les lettres *a.* et *a. l.* signifient température ascendante ou lentement ascendante, *p.* presque.

La table précédente renferme les trente observations faites dans les conditions les plus favorables.

Les deux thermomètres s'accordent, en général, aussi parfaitement qu'on peut l'espérer dans des expériences de cette nature. Le plus grand écart est de 0°.7, et encore ne se fait-il remarquer que dans le bas de l'échelle ; ce

qui tient sans doute aux conditions spéciales de l'appareil. En effet, en supposant que le maximum de température fût rigoureusement le même dans la vapeur et dans l'eau, les deux thermomètres n'auraient pas dû marquer exactement le même degré ; le réservoir du plus petit, surmonté d'une colonne de mercure beaucoup plus courte et plongé dans un milieu dont la faible densité retardait la communication de la chaleur, devait ressentir plus fortement l'influence du refroidissement qui s'opérait près du couvercle de la chaudière. Cette cause s'affaiblissait à mesure que la température s'élevait, parce que la quantité de chaleur que la vapeur pouvait céder, dans un même temps, à l'enveloppe du thermomètre, croissait à peu près dans le même rapport que sa densité. Aussi la différence des indications diminue-t-elle à mesure que les tensions deviennent plus fortes. Ceci s'applique aux observations dans lesquelles il s'est établi un maximum. Pour celles qui ont été faites pendant un mouvement ascendant de la température, on remarque que les deux instruments s'accordent beaucoup mieux ; mais cela tient à ce que le grand thermomètre, surmonté d'une colonne de mercure beaucoup plus longue, exigeait plus de temps que l'autre pour se mettre en équilibre, et qu'au même moment il devait être plus éloigné que le petit de la température du milieu environnant.

D'après ces considérations, nous regardons comme plus exacts les nombres fournis par le thermomètre plongé dans l'eau pour toutes les observations faites au maximum de température.

Pour qu'on n'ait pas à craindre que la vapeur fût réel-

lement à une température plus basse que l'eau, nous avons eu soin de constater d'ailleurs, comme nous l'avons déjà dit, que le manomètre indiquait une diminution de la tension au même moment où le grand thermomètre commençait à rétrograder, ce qui prouve que l'espace était saturé de vapeur pour la température marquée par l'instrument.

Nous avons construit la courbe de ces observations : elle offre une régularité parfaite. En choisissant deux termes quelconques, même rapprochés, il n'est jamais arrivé qu'une observation intermédiaire tombât de l'autre côté de la corde qui réunissait les deux extrêmes.

Telles sont les recherches qui ont permis à la Commission de l'Académie des sciences de construire la table des forces élastiques de la vapeur d'eau et des températures correspondantes, qui a été désormais employée par les ingénieurs. Nous avons donné précédemment la formule qui représente le mieux les observations (voir p. 17).

Après la description des appareils et des méthodes d'observation, description que je viens de reproduire, M. Dulong n'a pas manqué, dans son rapport à l'Académie, de faire un historique complet de toutes les expériences qui avaient été tentées sur la même question. Cependant en 1838, il a été inséré dans le tome Ier des *Transactions de l'institution des ingénieurs civils* un Mémoire de M. Farey sur la force élastique de la vapeur, qui a vivement critiqué mon illustre ami au sujet de prétendues antériorités auxquelles il aurait négligé de rendre justice.

En présentant à l'Académie des sciences, le 14 oc-

tobre 1839, le premier volume des *Transactions* d'une Société dont les travaux semblent devoir exercer une heureuse influence sur les progrès de l'art des ingénieurs, j'ai dû exprimer le regret d'y avoir trouvé le Mémoire de M. Farey qui ne méritait certainement pas de figurer dans un si utile recueil, attendu que les observations acerbes qu'on y rencontre contre notre travail commun, entrepris par ordre de l'Académie et honoré de son approbation, n'ont pas le moindre fondement. Peu de temps avant sa mort, M. Dulong eut connaissance du Mémoire de M. Farey. Il en fut vivement blessé et se proposait de le réfuter. Ce que mon illustre ami n'a pu faire, j'ai dû le tenter. La tâche, au reste, était peu difficile : il m'a suffi d'opposer guillemets à guillemets.

Voici les passages les plus importants que je dois relever dans le Mémoire de M. Farey :

« Le principal objet de la présente communication est de montrer la coïncidence qui existe entre l'échelle de M. Southern (pour les forces élastiques de la vapeur d'eau correspondantes aux divers degrés du thermomètre) et celle qu'on déduit d'une nouvelle série d'expériences faites à Paris en 1829, par un comité de l'Académie des sciences..

« Un autre objet de cette communication est d'insérer, dans les Mémoires de cette institution, un témoignage des droits évidents de notre compatriote, M. Southern, au mérite de la priorité dans la détermination exacte de cette loi, en opposition avec l'assertion sans fondement de l'auteur français[1] qui a publié les nouvelles expériences, et suivant laquelle les déterminations obtenues précédemment en Angleterre étaient inexactes. Les déterminations de M. Southern ne sont pas mentionnées dans cette condamnation générale...

« A 4 amosphères, M. Southern trouve la température de 293°.9 Fahr., et les académiciens de 293°.7. Ceci n'est pas une coïncidence

1. M. Dulong.

accidentelle, mais une adoption de l'échelle de M. Southern par l'intermédiaire de M. Tredgold, quoique l'emprunt ne soit pas avoué...

« En adoptant cette formule[1] de M. Tredgold (qui cite les expériences de M. Southern et les prend comme base) les académiciens français n'ont pas pu ignorer les déterminations de M. Southern et leur exactitude..... Dans ces circonstances on a manqué de candeur en supprimant toute mention des déterminations de M. Southern... Il faut remarquer que les académiciens français ont déterminé les élasticités par la compression de l'air renfermé dans un baromètre et non par une mesure directe de la colonne de mercure ou par une soupape chargée, tandis que M. Southern employa les deux méthodes et des thermomètres très-exacts. Son échelle a donc autant d'authenticité que celle des Français..... Comme il n'y a aucune certitude, soit dans la mesure des élasticités, soit dans celle des températures quand elles vont à 24 atmosphères et à 438° Fahr., il n'est nullement convenable d'adopter une nouvelle loi pour la faire concorder plus près que dans des limites de 2° 1/2 avec des observations incertaines. »

Les imputations de M. Farcy sont catégoriques et nombreuses. Eh bien ! pour les réduire au néant, je pourrai me contenter de rapporter divers passages du Mémoire critiqué.

L'auteur fait dire à M. Dulong que les déterminations obtenues en Angleterre avant le travail qu'il exécuta avec M. Arago, *étaient inexactes*. Voici la phrase du Rapport fait à l'Académie :

« La science ne possédait que des mesures assez discordantes au-dessous de huit atmosphères, et, pour des pressions plus fortes, absolument aucun résultat d'expériences directes. »

Il n'est question dans ce passage ni d'Anglais, ni de Français, ni d'Allemands. On dit que les résultats des expériences connues présentaient des *discordances*, et

1. La formule d'interpolation.

qu'il était difficile de choisir; or cela est d'une vérité incontestable.

Le grand crime des académiciens français, aux yeux de M. Farey, est d'avoir supprimé toute mention des déterminations de M. Southern; c'est en cela qu'ils ont manqué de candeur.

Voici comment nous avons supprimé toute citation, comment nous avons manqué de candeur. Nous allons textuellement reproduire un passage du Rapport adopté par l'Académie. Le lecteur en croira à peine ses yeux :

« Les déterminations seules de Southern et de Taylor offrent avec celles-ci (les déterminations françaises) une conformité d'autant plus frappante qu'elles ont été fournies par un mode d'observation totalement différent. A l'époque où nous avons calculé la table insérée au rapport provisoire cité plus haut (voir p. 16), nous les considérions déjà comme les plus vraisemblables; aussi ne trouvera-t-on entre cette table et celle que nous allons donner que des différences presque insignifiantes dans la partie de l'échelle qui leur est commune. » (*Mémoires de l'Académie des sciences*, t. x, p. 222.)

Ce n'est pas tout. M. Southern a été cité non-seulement pour ses expériences, mais aussi pour une simple formule d'interpolation. En voici la preuve :

« M. Young paraît être le premier qui ait employé le mode d'interpolation qui consiste à représenter les forces élastiques de la vapeur par une certaine puissance de la température augmentée d'un nombre constant. M. Young avait trouvé que l'exposant 7 satisfaisait aux expériences connues à l'époque de la publication de son ouvrage.

M. Creighton prit l'exposant 6 qui lui parut mieux s'accorder avec les résultats du Dr Ure. M. Southern adopta le nombre 5.13, qu'il détermina sans doute par tâtonnement. M. Tredgold rétablit l'exposant de Creighton, en changeant le coefficient, etc., etc. » (*Mémoires de l'Académie*, t. x, p. 230.)

Il est pénible d'avoir à répondre toujours par des dénégations formelles; mais est-ce ma faute? M. Farey dit que pour quatre atmosphères nous avons pris, sans l'avouer, la détermination de M. Southern. Le fait est complétement inexact : nos observations embrassent l'intervalle compris entre 1 et 24 atmosphères; nous n'avons dès lors été obligés de rien emprunter à personne; seulement, nos observations ne correspondant pas à des nombres ronds d'atmosphères, quand on a dressé la table, nous avons fait et dû faire l'interpolation, à l'aide de la formule qui représentait le mieux nos résultats. Cette formule était celle de M. Tredgold pour les températures inférieures à 40° et des pressions ne dépassant pas 4 atmosphères. M. Dulong l'a dit et il n'avait rien autre chose à avouer.

Une fois en veine de dénigrement, M. Farey ne s'en est pas tenu à la seule partie historique du Rapport fait à l'Académie. Le travail de la Commission, examiné au fond, lui semble défectueux. MM. Dulong et Arago ne se sont-ils pas, en effet, servis d'un manomètre?

Que serait devenue cette prétendue difficulté, si l'on avait ajouté que le manomètre fut gradué directement par des colonnes mercurielles qui, aux derniers termes de l'expérience, n'avaient pas moins de 20 mètres de

long? Le critique anglais a-t-il pu se méprendre sur le but des académiciens? Qu'on en juge par cette phrase qu'on trouve à la page 196 du Mémoire rédigé par M. Dulong :

« (La Commission) s'est déterminée à recourir au moyen le plus pénible, mais aussi le plus exact : la mesure directe de la colonne de mercure capable de faire équilibre à l'élasticité de la vapeur. »

M. Farey préfère les déterminations de M. Southern à celles de MM. Dulong et Arago. Permis à lui assurément, quant aux nombres compris entre 0 et 8 atmosphères; mais au delà il faudra bien, bon gré, mal gré, qu'il s'en rapporte aux mesures françaises, puisque les compatriotes de notre critique n'ont déterminé aucune force élastique au-dessus de 8. Pour le dire en passant, c'est à 10 atmosphères que commencent les difficultés de l'expérience et leur extrême danger : la Commission de l'Académie est allée à 24 atmosphères.

M. Farey préfère les déterminations anglaises parce que M. Southern employa des thermomètres très-exacts. Comment donc! Une Commission, travaillant sous les auspices de l'Académie, pour répondre à un vœu, à un besoin public; une Commission, qui comptait dans son sein, qui avait pour rapporteur un des deux auteurs du beau Mémoire devenu aujourd'hui classique, sur les communications de la chaleur, n'aurait pas fait usage de thermomètres très-exacts? De pareils doutes, quand ils sont gratuits, quand ils ne se fondent sur aucune discussion des expériences de la Commission de l'Académie, ne pourraient être qualifiés ici comme ils le mériteraient.

Nous nous contenterons donc, avec toute confiance, de livrer le fait et les réflexions qui précèdent à tout homme impartial, et en première ligne à la plupart des membres de l'honorable institution des ingénieurs civils de la Grande-Bretagne.

MESURE DE LA MÉRIDIENNE

DE FRANCE[1]

Peu de temps après mon entrée à l'Observatoire de Paris, j'eus l'occasion de m'entretenir avec M. Biot de l'intérêt qu'il y aurait à reprendre en Espagne la mesure de la méridienne de France interrompue par la mort de Méchain. Nous soumîmes le projet de la prolongation de cette mesure jusqu'à la petite île de Formentera à M. Laplace qui l'accueillit avec ardeur. On comprendra l'importance de l'entreprise quand on remarquera que l'arc mesuré en France s'étendant de Dunkerque aux îles Baléares, son milieu devait correspondre au parallèle de 45°, intermédiaire entre l'équateur et le pôle, et que, par l'effet de cette circonstance, le calcul du quart du méridien terrestre ne devait pas exiger la connaissance de l'aplatissement de la Terre. En outre, les erreurs inséparables des observations devant se trouver réparties sur un plus grand arc, devenaient moins sensibles dans le résultat définitif, qui en acquérait une plus grande certitude.

Le 2 mai 1806, le Bureau des longitudes prit cette dé-

1. Mémoire inédit. Voir, pour d'autres détails, *Histoire de ma jeunesse*, t. Ier des *Œuvres* et des *Notices biographiques*, p. 20 à 87.

cision consignée dans les procès-verbaux de ses séances : « MM. Biot et Arago sont chargés d'aller terminer la mesure de la méridienne en Espagne. »

Le gouvernement espagnol nous adjoignit deux commissaires, MM. Chaix et Rodriguez.

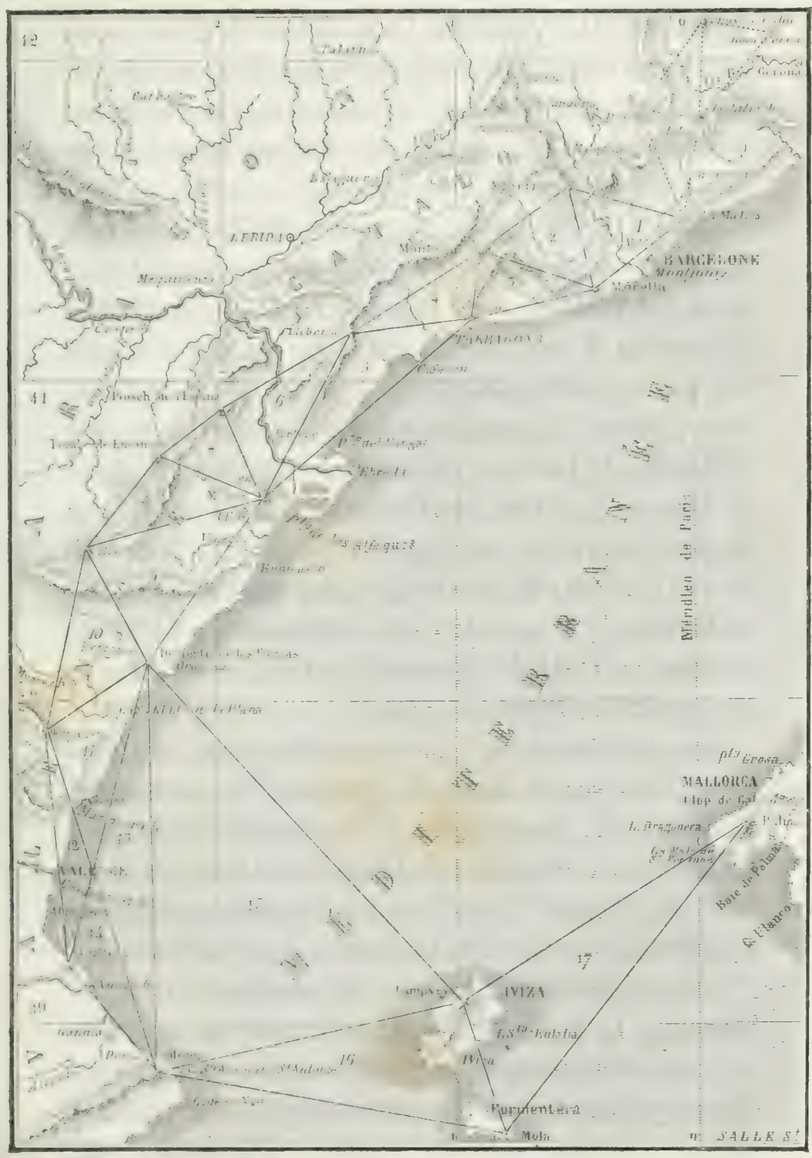
Nos travaux commencèrent dès le mois d'octobre 1806.

Mes collaborateurs et moi nous déterminâmes ensemble onze triangles qui, ajoutés à cinq déjà obtenus par Méchain, portent à seize le nombre des triangles qui étaient nécessaires pour la solution du problème proposé. La mission qui nous était confiée par le Bureau des longitudes était remplie par cette détermination. A ces seize triangles, je crus devoir en ajouter un dix-septième qui joint géodésiquement le Clop de Galazo, dans l'île de Mayorque, à Iviza et à Formentera ; j'ai ainsi obtenu, par une seule opération, la mesure d'un arc de parallèle de un degré et demi.

La figure 11 représente notre triangulation qui a ce caractère d'avoir été faite sur des côtes maritimes et à travers la mer à l'aide de triangles d'une étendue inusitée.

C'est au Mont-Sia que se termine la partie de la triangulation exécutée par Méchain. Il avait dressé un projet destiné à atteindre Iviza que nous n'avons pas pu suivre à cause des difficultés que présente la configuration des lieux. Notre triangulation n'a de commun, à partir du Mont-Sia, avec celle qu'avait projetée Méchain, que les deux triangles joignant les stations du Mont-Sia, du Desierto de las Palmas, d'Arès et d'Espadan.

Les 9 et 10 septembre 1807, j'ai fait sur le mont Lle-



A. Vuillemin, del

Fig. 11 — Prolongement de la mesure de la méridienne de France jusqu'aux îles Baléares, par MM. Biot et Arago.

beria, avec M. Rodriguez, les mesures des distances au zénith des réverbères placés sur le Bosch de l'Espina et sur le Mont-Sia, ainsi que la mesure de l'angle de ces deux stations. Le mont Lleberia tire son nom d'un village placé sur le chemin de Tortose.

Du 20 juillet au 4 septembre 1807, j'étais avec M. Chaix sur un pic élevé du Mont-Sia, pic nommé dans le pays *el Tosal del Para Pasqual.* Le Mont-Sia est situé à l'ouest de la ville de San-Carlos. On ne peut y monter que par la pente occidentale, en venant de Ull de Cona. Nous prîmes les mesures des distances au zénith des réverbères de Lleberia, du Bosch de l'Espina, du Tosal de Encanadé, d'Arès, du Desierto de las Palmas, ainsi que les observations des angles : 1° entre le Bosch de l'Espina et Lleberia ; 2° entre le Bosch de l'Espina et le Tosal de Encanadé ; 3° entre le Tosal de Encanadé et Lleberia ; 4° entre le Tosal de Encanadé et Arès, et 5° entre le Desierto de las Palmas et Arès.

Dans le même temps que nous séjournions au Mont-Sia, j'allai sur le Bosch de l'Espina, où se trouvait M. Rodriguez, observer, du 15 au 27 août, les distances au zénith des réverbères de Lleberia, du Mont-Sia et du Tosal de Encanadé, ainsi que les distances angulaires : 1° entre les réverbères de Lleberia et ceux du Mont-Sia ; 2° entre les réverbères du Mont-Sia et celui du Tosal de Encanadé. Le Bosch de l'Espina est couvert de pins ; bien qu'il soit assez escarpé, un chemin faisant de nombreux détours permet de monter à cheval jusqu'au sommet. Des chaleurs excessives, d'épais brouillards apportaient une grande gêne aux observations.

Du 1er au 10 août 1807, j'observai, avec M. Chaix, sur la partie la plus élevée du Tosal de Encanadé, montagne du royaume de Valence assez peu distante du Mojon Trifinio, d'où partent les lignes qui servent de limites aux provinces de Valence, d'Aragon et de Catalogne. Nous fûmes souvent entravés par de violents orages accompagnés de grosse grêle et par des vents furieux. Nous prîmes sur cette station les distances au zénith des réverbères du Bosch de l'Espina et de la Muela de Arès, ainsi que les angles : 1° entre le Bosch de l'Espina et le Mont-Sia, et 2° entre le Mont-Sia et Arès.

La Muela de Arès forme un plateau très-étendu d'une montagne coupée à pic tout autour, et à laquelle on n'arrive que par un sentier fort étroit. Sur ce plateau se trouve le village de Arès, placé non loin de la grande route qui va d'Oropeza à la forêt de Mosqueruella. Du 6 au 15 juillet, nous y prîmes, M. Chaix et moi, les mesures des distances au zénith des réverbères du Tosal de Encanadé, de Mont-Sia, du Desierto de las Palmas et d'Espadan, ainsi que celles des angles : 1° entre le Tosal de Encanadé et le Mont-Sia ; 2° entre le Desierto de las Palmas et le Mont-Sia ; 3° entre le Desierto de las Palmas et Espadan ; 4° enfin entre le Desierto et le Tosal de Encanadé.

Les observations faites sur le Desierto de las Palmas furent extrêmement difficiles à cause des directions inexactes données aux réverbères établis sur la montagne de Campvey, dans l'île d'Iviza. M. Biot vint avec M. Chaix pour faire notre installation dans un petit ermitage qui s'apercevait de très-loin. Nos observations commencèrent le 30 novembre 1806. Je prenais encore, le

30 juin 1807, des mesures sur ce pic élevé où je passai plus de six mois, le plus souvent seul, n'ayant pour promenade qu'un espace d'une vingtaine de mètres carrés. Au-dessous de moi, au pied de la montagne, se trouvait un couvent de chartreux, et plus bas encore, au bord de la mer, le village de Benicassi, entre Oropeza et Castellon de la Plana. C'est là que nous prîmes les distances au zénith des réverbères du Mont-Sia et de Arès, du signal d'Espadan, des réverbères de Cullera et de Mongo, du signal d'Iviza sur le sommet de Campvey, de l'horizon de la mer, puis les mesures des distances angulaires : 1° entre le Mont-Sia et Arès; 2° entre Arès et Espadan; 3° entre Espadan et Cullera; 4° entre Cullera et Mongo; 5° entre Espadan et Mongo; 6° entre Mongo et Campvey; 7° entre le Mont-Sia et Espadan; 8° entre Mongo et le Mont-Sia; 9° enfin entre Campvey et Espadan.

Le vrai pic d'Espadan avait trop peu d'étendue pour que nous pussions nous y établir et nous dûmes mettre notre station sur une hauteur voisine qu'on nomme la Altura de la Pastora. Nous avons mesuré, du 1er au 14 juin 1807, MM. Chaix, Rodriguez et moi, les distances au zénith des réverbères de Arès, du Desierto de las Palmas, de Cullera et de Mongo, ainsi que de l'horizon de la mer. Nous avons pris ensuite les angles : 1° entre Arès et le Desierto; 2° entre le Desierto et Mongo; 3° entre le Desierto et Cullera; 4° entre Cullera et Mongo; 5° enfin entre Cullera et Arès.

Les observations sur la montagne de Cullera ont été faites par MM. Chaix, Rodriguez et moi, du 8 au 20 mai 1807. Nous y avons relevé les distances au zénith des

réverbères du Desierto, d'Espadan, de Mongo, ainsi que de l'horizon de la mer, et nous y avons mesuré les angles : 1° entre le Desierto et Espadan ; 2° entre le Desierto et Mongo ; 3° entre Espadan et Mongo.

A la station de Mongo, nous éprouvâmes, MM. Biot, Chaix et moi, toutes les rigueurs de la mauvaise saison. Cette montagne élevée est située près de la ville de Denia, vers l'extrémité du cap Saint-Antoine, et elle domine la mer de toute part. Comme on découvre librement de ce point, vers le nord, tout le royaume de Valence, et vers l'est les îles d'Iviza et de Formentera, nous dûmes nous y installer pour étendre jusqu'à cette dernière île la chaîne de notre triangulation. On ne parvint à y établir nos tentes, nos réverbères et nos instruments qu'après des efforts infinis, en creusant un chemin dans le roc pour amener ces lourds objets sur le mamelon dont nous avions fait choix. Les matelots chargés d'entretenir les réverbères, et qui durent passer l'hiver dans cette station, eurent beaucoup à souffrir des intempéries, quoique M. Morand, consul de France à Denia, eût pris soin de leur faire bâtir une cabane dans l'anfractuosité du rocher. Du 9 au 25 février 1807, nous avons pris les distances au zénith des réverbères du Desierto de las Palmas, d'Espadan, de Cullera, de Formentera, de Campvey et mesuré les angles compris : 1° entre le Desierto et Cullera ; 2° entre Cullera et Espadan ; 3° entre le Desierto et Espadan ; 4° entre Campvey et le Desierto ; 5° entre Campvey et la Mola de Formentera ; 6° entre le Desierto et la Mola de Formentera ; 7° entre Cullera et la Mola de Formentera.

La montagne de Campvey, vers l'extrémité boréale de l'île d'Iviza, est nue et aride. On eut beaucoup de peines à porter sur son sommet les réverbères, les instruments, les tentes et toutes les choses nécessaires à la vie que nous dûmes faire venir de la ville d'Iviza, les paysans du voisinage étant trop pauvres pour nous procurer les moindres objets. Comme Campvey est le troisième sommet du grand triangle qui unit les îles Baléares à la côte d'Espagne, nous ou nos collaborateurs, nous y fîmes un long séjour soit pour diriger les réverbères qui nous servaient de signaux à travers la mer, soit pour compléter la chaîne de triangles appuyés sur la côte. Du 15 mars au 14 avril 1807, nous y avons mesuré, M. Biot et moi, les distances au zénith des réverbères du Desierto de las Palmas, de Formentera, de Mongo, et celle de l'horizon de la mer, ainsi que les angles compris : 1° entre le Desierto et Mongo ; 2° entre Mongo et l'île de Formentera ; 3° enfin entre le Desierto et Formentera.

La petite île de Formentera est placée à 12 lieues environ au sud d'Iviza. Nous nous établîmes sur un vaste plateau qui s'élève comme une grande masse perpendiculaire au-dessus de la mer et que, pour ce motif, on a nommé la Mola. L'étonnement des rares habitants de l'île fut extrême quand ils virent les préparatifs de notre installation. L'usage des chariots étant inconnu dans le pays, on dut monter à bras d'homme les pierres destinées à servir de supports à la lunette méridienne. Ces travaux furent achevés dans les premiers mois de 1807, et du 19 au 28 avril nous mesurâmes, M. Biot et moi, les distances au zénith des réverbères de Campvey, de

Mongo, de l'horizon de la mer et l'angle compris entre Campvey et Mongo.

Au mois de mai 1807, M. Biot retourna à Paris pour obtenir quelques instruments qui pussent nous permettre de déterminer la latitude de Formentera. En attendant qu'il vînt nous retrouver, nous apportâmes, MM. Chaix, Rodriguez et moi, les derniers perfectionnements à nos opérations géodésiques, ainsi qu'on peut le voir par les dates des opérations rapportées plus haut.

M. Biot étant venu me rejoindre à Valence, nous retournâmes à Formentera. A partir du 4 décembre 1807, nous fîmes, avec le concours de M. Chaix, les observations de passages d'étoiles au méridien, et nous prîmes la mesure de la longueur du pendule simple. Le 18 janvier 1808, M. Biot nous quitta pour rentrer en France muni des résultats de nos mesures, et je continuai les observations de la lunette méridienne jusqu'au 6 mars. Avec le concours de MM. Chaix et Rodriguez, je pus faire près de 700 observations du passage supérieur de β de la Petite Ourse, et ajouter 570 observations nouvelles aux 2,000 que nous avions déjà faites des passages de la Polaire.

Nous avions reconnu la possibilité de joindre la côte d'Espagne avec l'île de Mayorque par un arc de parallèle qui permît de mesurer près de trois degrés de longitude, à l'extrémité méridionale de la méridienne, d'Espadan au Clop de Galazo, comme le montre la figure 11 (p. 57). Ce nouveau triangle devait donner les moyens de déterminer la courbure de cette portion du sphéroïde terrestre et de s'assurer, en le mesurant dans deux directions rectangulaires, si les parallèles terrestres sont elliptiques ou

circulaires, en un mot si la Terre est ou n'est pas un sphéroïde de révolution. Je m'attachai donc avec ardeur à la mesure de ce 17e triangle qui, ayant son sommet au Clop de Galazo dans l'île de Mayorque (Mallorca), s'appuyait d'une part sur Campvey dans l'île d'Iviza, et d'autre part sur la Mola de Formentera.

Le Clop de Galazo est une montagne très-élevée de l'île de Mayorque; elle se voit de très-loin à travers la Méditerranée quand l'atmosphère est pure; elle est située précisément au-dessus de Palma.

Les observations d'étoiles que nous fîmes à Formentera avaient pour but de fixer avec une grande exactitude la latitude de ce terme extrême de l'arc du méridien. Pour déterminer avec précision l'azimut dans lequel notre lunette méridienne était placée, et pour nous assurer qu'elle ne s'en écarterait point pendant nos opérations, nous eûmes recours à un réverbère que nous mîmes à Santa-Eulalia. Je fis aussi au Clop de Galazo un grand nombre d'observations d'étoiles, afin de déterminer l'azimut de cette station, et j'employai à cet effet une mire placée sur la Mola de San Fortun.

Mes observations étaient heureusement terminées lorsque, à la fin de mai 1808, la nouvelle de la guerre avec la France souleva les Mayorquins contre le solitaire établi au Clop de Galazo. Je fus arrêté et transféré au château-fort de Belver le 2 juin. Je vais transcrire quelques notes qui compléteront le récit que j'ai fait ailleurs [1] des événements dont je fus victime.

1. Voir *Histoire de ma jeunesse*, t. Ier des *Œuvres* et des *Notices biographiques*, p. 39 à 86.

Je pus me sauver de ma prison le 28 juillet, et avec mon compagnon de captivité, M. Berthemie, mettre à la voile sur une barque qui nous conduisit à la petite île de Cabrera que nous nous hâtâmes de quitter le 29. Après la rencontre d'un convoi anglais de près de 60 voiles qui, heureusement, ne nous aperçut pas, nous découvrîmes la côte de Barbarie le 1er août et nous débarquâmes à Alger ce même jour sur les quatre heures.

Nous nous embarquâmes le 8 août sur un bâtiment algérien qui partait pour Marseille. Le pilote, ou plutôt le véritable capitaine, était de Xante et se nommait Spiro-Calligero. La frégate s'appelait les *Tre Fratelli.* Le capitaine maure était coulouglou et raïs de la marine algérienne. Son nom était raïs Braham Ouled Mustapha Goja. L'équipage était composé d'un contre-maître vénitien, d'un charpentier de Marseille, de trois matelots grecs compatriotes du capitaine et de plusieurs matelots maures, savoir : Achmet, qui avait servi de raïs à plusieurs petits bâtiments espagnols et le plus déterminé bavard de l'équipage; Busemach, qui ne quittait qu'avec regret son aigre guitare, pour travailler aux manœuvres; El Maur, dont la seule occupation était de chercher à dérober quelques aliments au cuisinier du capitaine, parce que la ration ordinaire ne suffisait pas à son appétit dévorant; et Besibsi, enfin, qui ne quittait pas sa pipe un seul instant dans la journée.

Les cinq frères Bentivi avaient été embarqués au moment du départ par ordre du dey et par suite des intrigues de David Bakri, *roi* des Juifs.

Le capitaine avait reçu également du ministre de la

marine l'ordre d'embarquer deux Marocains qui allaient en France pour vendre une pacotille de plumes d'autruche. L'un d'eux s'appelait Beschir et l'autre Ser Medeni.

Nous fûmes trois jours en vue d'Alger.

Le 12, à la hauteur de l'île de Minorque, un brick anglais nous visita.

Le 14, un corsaire catalan nous prit. Le même jour nous arrivâmes à Rosas.

Le 17, nous descendîmes à terre et fûmes placés pour faire quarantaine dans un moulin à vent ruiné.

Le 10 septembre, la garde vint nous saisir et nous fûmes conduits dans la citadelle (dans l'église).

Peu de jours après, on nous entassa dans les casemates; de là on nous transféra au château de la Trinité.

Nous quittâmes ces cachots le 17 octobre et arrivâmes le même jour à Palamos.

La junte nous permit de partir pour Marseille, mais nous fûmes rejetés par les tempêtes sur la côte de Barbarie où nous arrivâmes le 5 décembre 1808 (à Bougie).

Le 12 décembre, nous aperçûmes Alger du cap Matifou et nous entrâmes dans la ville au coucher du Soleil.

En février 1809, le dey nous déclara ses prisonniers.

Nous partîmes d'Alger le 21 juin 1809.

Le 24, nous visitâmes un bâtiment américain et le 25, une bombarde espagnole; du 26 au 28, nous restâmes en vue de Mallorca et de Minorque.

Le 1er juillet, nous fûmes encore visités par une frégate anglaise.

Le 2 juillet enfin, je fis mon entrée au lazaret de Marseille.

Le procès-verbal de la séance du Bureau des Longitudes du 30 août 1809 porte ces mots : « M. Arago, de retour d'Afrique, présente les manuscrits de ses dernières observations à Iviza, à Formentera et à Majorque. »

Les détails de toutes les observations faites pour la détermination de la mesure de la méridienne proprement dite, c'est-à-dire des 16 premiers triangles de l'opération totale (voir la fig. 11), ont été publiés dans le quatrième volume de la *Base du système métrique*. Je dois me contenter de consigner ici les résultats complétement calculés. Le tableau suivant[1] donne, outre les 16 premiers triangles déjà connus du public, le 17[e] que j'ai obtenu par mes dernières observations.

Dénominations des triangles.	Angles sphériques.	
1[er] TRIANGLE. Matas, Mont-Serrat, Morella.	Matas...........	54° 23′ 41″.08
	Mont-Serrat......	60 13 22 .10
	Morella..........	65 22 59 .91
		180 0 3 .09
2[e] TRIANGLE. Mont-Serrat, Morella, Montagut.	Mont-Serrat......	70° 11′ 15″.83
	Morella..........	59 7 59 .64
	Montagut........	50 40 47 .86
		180 0 3 .33
3[e] TRIANGLE. Morella, Montagut, Saint-Jean.	Morella..........	37° 28′ 38″.68
	Montagut........	84 29 23 .68
	Saint-Jean.......	58 2 1 .00
		180 0 3 .36

1. Les nombres de ce tableau, écrits entièrement de la main de M. Arago, diffèrent légèrement de ceux qui ont été publiés p. 179 à 182 du t. IV de la *Base du système métrique*.

4e TRIANGLE. Montagut, Saint-Jean, Lleberia.	Montagut........	42°	40′	43″.25
	Saint-Jean.......	107	0	36 .37
	Lleberia.........	30	18	43 .50
		180	0	3 12
5e TRIANGLE. Saint-Jean, Lleberia, Mont-Sia.	Saint-Jean.......	33°	17′	57″.36
	Lleberia.........	124	26	34 .88
	Mont-Sia.......	22	15	32 .98
		180	0	5 .22
6e TRIANGLE. Lleberia, Bosch de l'Espina, Mont-Sia.	Lleberia.........	33°	0′	0″.64
	Bosch de l'Espina.	93	26	45 .84
	Mont-Sia........	53	33	17 .55
		180	0	4 .03
7e TRIANGLE. Mont-Sia, Bosch de l'Espina, Tosal de Encanade.	Mont-Sia........	44°	26′	42″.42
	Bosch...........	74	44	13 .70
	Tosal...........	60	49	5 .99
		180	0	2 .11
8e TRIANGLE. Mont-Sia, Tosal, Arès.	Mont-Sia.........	35°	45′	45″.49
	Tosal............	108	10	53 .61
	Arès............	36	3	24 .05
		180	0	3 .15
9e TRIANGLE. Mont-Sia, Arès, Desierto de las Palmas.	Mont-Sia........	37°	52′	58″.58
	Arès............	88	17	45 .50
	Desierto.........	53	49	22 .53
		180	0	6 .61
10e TRIANGLE. Arès, Desierto de las Palmas, Espadan.	Arès............	37°	7′	33″.23
	Desierto.........	101	17	34 .72
	Espadan.........	41	34	56 .54
		180	0	4 .49
11e TRIANGLE. Desierto de las Palmas, Espadan, Cullera.	Desierto.........	47°	2′	11″.01
	Espadan.........	111	45	8 .37
	Cullera..........	21	12	48 .44
		180	0	7 .82
12e TRIANGLE. Espadan, Cullera, Mongo.	Espadan.........	11°	54′	54″.84
	Cullera..........	149	16	8 .23
	Mongo.........	18	49	2 .50
		180	0	5 .57

13e TRIANGLE. Desierto de las Palmas, Cullera, Mongo.	Desierto.........	16°51′18″.16
	Cullera..........	128 3 19 .85
	Mongo...........	35 5 32 .88
		180 0 10 .89
14e TRIANGLE. Desierto de las Palmas, Espadan, Mongo.	Desierto.........	63°53′29″.95
	Espadan.........	99 50 11 .57
	Mongo...........	16 16 31 .62
		180 0 13 .14
15e TRIANGLE. Desierto de las Palmas, Mongo, Iviza.	Desierto.........	42° 5′36″.35
	Mongo...........	78 4 9 .49
	Iviza............	59 50 53 .16
		180 0 39 .00
16e TRIANGLE. Mongo, Iviza, Formentera.	Mongo..........	21°58′42″.41
	Iviza............	95 28 18 .02
	Formentera......	62 33 12 .54
		180 0 12 .97
17e TRIANGLE. Iviza, Formentera, Mallorca.	Iviza............	104° 9′53″.94
	Formentera......	55 55 52 .91
	Mallorca.........	19 54 26 .12
		180 0 12 .97

Voici les longueurs des côtés de chacun de ces triangles exprimées en toises et en mètres :

		toises.		mètres.
1er *triangle.*	Matas à Morella..............	19,379.1	=	37,770.4
	Matas à Mont-Serrat..........	20,297.8		39,561.1
	Morella à Mont-Serrat.......	18,152.9		35,380.7
2e *triangle.*	Mont-Serrat à Morella.......	18,152.9	=	35,380.7
	Morella à Montagut..........	22,076.0		43,026.9
	Montagut à Mont-Serrat.....	20,141.4		39,256.6
3e *triangle.*	Montagut à Morella..........	22.076.0	=	43,026.9
	Saint-Jean à Morella.........	25,901.8		50,482 6
	Saint-Jean à Montagut......	15,832.3		30,859.2
4e *triangle.*	Montagut à Saint-Jean.......	15,832.3	=	30,859.2
	Saint-Jean à Lleberia.........	21,265.8		41,447.8
	Montagut à Lleberia..........	29,998.4		58,468.3

5e *triangle.*	Lleberia à Saint-Jean	21,265.8	=	41,447.8
	Mont-Sia à Saint-Jean.......	46,299.5		90,239.5
	Mont-Sia à Lleberia.........	30,822 0		60,073.2
6e *triangle.*	Lleberia à Mont-Sia	30,822.0	=	60,073.2
	Bosch de l'Espina à Lleberia.	24,838 7		48,411.5
	Bosch de l'Espina à Mont-Sia.	16,817.3		32,777.4
7e *triangle.*	Mont-Sia à Bosch de l'Espina.	16,817.3	=	32,777.4
	Tosal à Mont-Sia............	18,582.6		36,218.2
	Tosal à Bosch de l'Espina....	13,487.7		26,288.1
8e *triangle.*	Mont-Sia à Tosal............	18,582.6	=	36,218.2
	Arès à Mont-Sia............	29,995.7		58 462.7
	Tosal à Arès................	18,451.4		35,962.5
9e *triangle.*	Mont-Sia à Arès............	29,995.7	=	58,462.7
	Mont-Sia au Desierto........	37,144.2		72,395.5
	Arès au Desierto............	22,818.3		44,473.7
10e *triangle.*	Desierto à Arès.............	22,818.3	=	44,473.7
	Espadan au Desierto.........	20,751.0		40,444.5
	Espadan à Arès..............	33,715.3		65,712.4
11e *triangle.*	Desierto à Espadan..........	20,751.0	=	40,444.5
	Cullera au Desierto.........	53,268.8		103,818.9
	Cullera à Espadan	41,967.7		81,796.5
12e *triangle.*	Espadan à Cullera...........	41,967.7	=	81,796.5
	Espadan à Mongo	66,490.0		129,591.5
	Cullera à Mongo............	26,862.1		52,355.3
13e *triangle.*	Mongo à Cullera............	26,862.1	=	52,355.3
	Desierto à Mongo	72,960.0		142,201.7
	Cullera au Desierto..........	53,266.8		103,818.9
14e *triangle.*	Mongo au Desierto..........	72,960.0	=	142,201.7
	Espadan à Mongo...........	66,492.1		129,595.5
	Espadan au Desierto.........	20,751.0		40,444.5
15e *triangle.*	Mongo au Desierto	72,960.0	=	142,201.7
	Desierto à Campvey.........	82,555.6		160,904.8
	Mongo à Campvey	56,559.0		110,235.6
16e *triangle.*	Campvey à Mongo..........	56,559.0	=	110,235.6
	Campvey à la Mola..........	23,851.4		46,487.3
	Mongo à la Mola............	63,443.1		123,652.9
17e *triangle.*	La Mola à Campvey.........	23,851.4	=	46,487.3
	La Mola à Mallorca..........	67,922.9		132,384.2
	Mallorca à Campvey.........	58,164.0		113,363.8

Je dois renvoyer au IVᵉ volume de la *Base du système métrique* pour les détails des observations géodésiques relatives à la détermination des 16 premiers triangles; ils ont été publiés intégralement par M. Biot. Mais je placerai ici les nombres qui concernent les observations que j'ai faites pour le 17ᵉ triangle entre Formentera, Iviza et Mallorca.

CAMPVEY.

Pour l'angle dont le sommet est à Campvey, dans Iviza, les éléments de la réduction au centre sont = 0ᵐ.87 et $y = 217° \ 47' \ 20''$; les observations ont donné :

Angle entre les réverbères de la Mola de Formentera et ceux du Clop de Galazo dans Mallorca.

5 avril 1808	40 observ.	ont donné	115ᵍ.7374344	=	104° 9′ 49″.288
6 —	10 —		115 .7374500	=	104 9 49 .339
6 —	20 —		115 .7370438	=	104 9 48 .022
	Moyenne........................				104 9 48 .933
	Réduction au centre..............				— 1 .406
	Angle au centre................				104 9 47 .527

Distance au zénith des réverbères de Formentera.

5 avril 1808,	12 observ.	ont donné	100ᵍ.46410	=	90° 25′ 3″.684
7 —	6 —		100 .46325	=	90 25 0 .930

Dans les dernières observations on a visé au sommet de la montagne.

Distance au zénith des réverbères de Mallorca (Clop de Galazo).

6 avril matin	10 observ.	ont donné	100ᵍ.159775	=	90° 8′ 37″.671
6 — soir	10 —		100 .152762	=	90 8 14 .950

Dans les premières observations on a visé au sommet de la montagne; dans les dernières on a visé au réverbère.

De là on déduit pour la réduction à l'horizon, + 5″.259 et pour l'angle sphérique ayant Campvey pour sommet, 104° 9′ 52″.786.

LA MOLA DE FORMENTERA.

Pour les éléments de la réduction au centre de l'angle entre Campvey et le Clop de Galazo, on a $r = 3^m.210$ et $y = 188° 0′ 36″$.

Angle entre les réverbères d'Iviza (Campvey) et de Mallorca (Clop).

23 fév. 1808,	10 observ.	ont donné	62g.1469750 =	55° 55′ 56″ .199
27 —	38 —		62 .1470427 =	55 55 56 .428
29 —	10 —		62 .1470375 =	55 55 56 .405
4 mars	50 —		62 .1466975 =	55 55 55 .300
	Moyenne			55 55 56 .174
	Réduction au centre			— 2 .508
	Angle au centre			55 55 53 .666

Distance au zénith des réverbères de Mallorca (Clop de Galazo).

29 février 1808.	10 observ.	ont donné	100g .200500 =	90° 10′ 49″.620
4 mars —	10 —		100 .198375 =	90 10 42″.739
	Moyenne			90 10 46 .179

Distance au zénith des réverbères d'Iviza (Campvey).

3 mars 1808	10 observ.	ont donné	99g .907500 =	89° 55′ 0″.300
7 —	10 —		99 .912450 =	89 55 16.300
	Moyenne			89 55 8.319

De là on tire pour la réduction à l'horizon — 1″.904, et par suite, pour l'angle sphérique ayant la Mola pour sommet, 55° 55′ 51″.762.

CLOP DE GALAZO.

Pour déterminer l'angle formé au Clop de Galazo dans Mallorca entre Campvey dans Iviza et la Mola de Formentera, il a été fait deux séries d'observations :

Première série d'observations pour la détermination de l'angle entre les réverbères de Campvey et ceux de Formentera.

4 mai 1808,	20 observ.	ont donné	22g.1168812	=	19° 54′ 18″.695
8 —	22	—	22 .1169034	=	19 54 18 .767
		Moyenne..............			19 54 18 .731

Les éléments de la réduction au centre étant $r = 1^m.13 = 0^t.580$ et $y = 307°48'43''$, on a pour cette réduction $+0''.290$, et par suite pour l'angle au centre 19° 54′ 19″.021.

Deuxième série d'observations pour la détermination de l'angle entre les réverbères de Campvey et ceux de Formentera.

10 mai 1808,	20 observ.	ont donné	22g.1172312	=	19° 54′ 19″.829
11 —	20	—	22 .1171562	=	19 54 19 .586
13 —	10	—	22 .1174500	=	19 54 20 .538
14 —	10	—	22 .1171375	=	19 54 19 .526
15 —	20	—	22 .1171950	=	19 54 19 .712
		Moyenne proportionnelle au nombre des observations.................			19 54 19 .789

Pour cette série de mesures les éléments de la réduction au centre sont $r = 1^m.580 = 0^t.81$ et $y = 206°40'10''$. La réduction au centre est en conséquence $-0''.987$, et l'angle réduit est 19° 54′ 19″.789.

La moyenne des deux déterminations est de 19° 54′ 18″.912.

Les réverbères de Formentera ne correspondent pas à l'ancien centre de la station ; ils sont plus avancés dans la direction de Campvey de $1^m.85$; il faudra, par conséquent, appliquer aux angles observés une réduction dépendante de cette excentricité.

Distance au zénith pour calculer la réduction à l'horizon de l'angle entre Campvey et Formentera.

Réverbères de Formentera.

10 mai 1808, 10 observ. ont donné	100g.8964875	=	90° 48′ 24″.620
16 — 10 —	100 .8846375	=	90 47 46 .226
Moyenne..................			90 48 05 .423

Réverbères de Campvey.

10 mai, 6 observations ont donné	100g.767396	=	90° 41′ 26″.363
16 — 10 —	100 .960050	=	90 41 2 .562
Moyenne..................			90 41 14 .462

De là on déduit pour la réduction à l'horizon + 4″.932, et par suite on a pour l'angle sphérique 19° 54′ 23″.844. Mais les réverbères de Formentera étant avancés, comme nous l'avons dit, dans la direction de Campvey de 1m.85 = 0t.905, il en résulte une correction de + 2″.276. L'angle au Clop de Galazo devient donc 19° 54′ 26″.120.

Les trois angles du triangle tels qu'ils résultent des observations sont en conséquence :

Angle dont le sommet est à Iviza...........	=	104° 9′ 52″.786
— Formentera.....	=	55 55 51 .762
— Mallorca........	=	19 54 26 .120
Total..........		180 0 10 .668

L'excès sphérique résultant des observations est donc..	+ 10″.668
Mais le calcul donne pour l'excès sphérique..........	+ 12 .967
Différence ou erreur de la somme des trois angles....	2 .299
Correction additive à faire aux angles à Campvey et à Formentera..................................	1 .149

Par conséquent, on aura pour les trois angles les valeurs suivantes :

Iviza....................	104° 9′ 53″.935
Formentera	55 55 52 .911
Mallorca................	19 54 26 .120
	180 0 12 .966
Excès sphérique...........	12 .966

ANGLE OBSERVÉ A FORMENTERA ENTRE LES RÉVERBÈRES DE CAMPVEY ET CELUI DE SANTA-EULALIA.

Première position de la mire.

11 janv. 1808,	30 observ.	ont donné pour angle moyen	22g. 0022875
12 —	20 —		22 .0021062
14 —	20 —		22 .0021750
		Moyenne............	22g.0021895
		Ou................	19° 48′ 7″.094

Les éléments de la réduction au centre sont r = 0ᵗ.5 et y = 164° 23′ 14″, d'où l'on conclut pour la réduction — 1″.918 et pour l'angle au centre 19° 48′ 5″.5176.

Distance au zénith de Santa-Eulalia.

17 janvier 1808, 10 observations ont donné 100g.4429750 = 90° 23′ 55″.239.

10 février, avec le cercle de latitude, 10 observations ont donné 100g.445562 = 90° 24′ 3″.622, mais la correction du niveau est — 5″.547, et, par suite, l'angle au zénith est 90° 23′ 58″.075.

La moyenne des deux angles au zénith du réverbère de Santa-Eulalia est 90° 23′ 56″.657.

De là on tire pour la réduction à l'horizon — 20″.5138, et par suite, pour l'angle horizontal compris entre le réverbère de Campvey et celui de Santa-Eulalia, 19° 47′ 46″.580.

Deuxième position de la mire.

28 février 1808,	10 observ. ont donné	21g.9527250 =	19° 45′ 26″.829
1er mars —	20 —	21 .9525000 =	19 45 26 .100
	Moyenne des deux séries.....		19 45 26 .464

Les éléments de la réduction au centre étant $r = 0^t.43$ et $y = 163^\circ\ 36'\ 7''$, on trouve pour cette réduction — 7″.716. La distance au zénith corrigée a été trouvée de 90° 23′ 28″.

De là on tire pour la réduction à l'horizon —19″.879, et par suite 19° 45′ 4″.869 pour l'angle compris entre le réverbère de Campvey et celui de Santa-Eulalia pour la deuxième position de ce dernier.

ANGLE OBSERVÉ AU CLOP DE GALAZO ENTRE LES RÉVERBÈRES DE CAMPVEY ET CELUI DE LA MOLA DE SAN-FORTUN.

23 mai 1808.	6 observ.	ont donné	63g.0606000	= 56° 45′ 16″.344
27 —	6	—	63 .0592917	= 56 45 12 .105
—	30	—	63 .0593583	= 56 45 12 .321
		Moyenne proportionnelle........		56 45 12 .865

Les éléments de la réduction au centre de la lunette méridienne sont $r = 1^m.5 = 0^t.77$ et $y = 182^\circ\ 42'$. Cette réduction est en conséquence — 0″.861. L'angle au centre est donc 56° 45′ 12″.004.

Distance au zénith du réverbère de San-Fortun.

Le ..... mai 1808, 4 observations ont donné 105g.4112500 = 94° 52′ 14″.450.

La réduction à l'horizon est en conséquence — 4′ 6″.800.

On déduit de là, pour l'angle horizontal entre San-Fortun et Campvey, 56° 41′ 5″.204.

D'après les données précédentes, on trouve facilement les azimuts de Formentera et de Mallorca. On a :

Angle entre Campvey et Mallorca................	55° 55′ 52″.911
Angle entre Santa-Eulalia et Campvey pour la première position de la mire......................	19 47 44 .662
Angle entre Santa-Eulalia et Mallorca............	36 8 8 .249
Déviation de la lunette méridienne, 13s.7 de temps.	+ 3 25 .500
Azimut de Mallorca vu de Formentera déduit de la première position de la mire.....	36° 11′ 33″.749

Angle entre Campvey et Mallorca................	55° 55′ 52″.911
Angle entre Santa-Eulalia et Campvey pour la 2e position de la mire........................	19 45 4 .869
Angle entre Santa-Eulalia et Mallorca............	36 10 48 .042
Déviation de la lunette méridienne 3s de temps....	+ 45 .000
Azimut de Mallorca ou de Formentera déduit de la deuxième position de la mire................	36° 11′ 33″.042
Angle entre San-Fortun et Campvey.............	56° 41′ 5″.204
Angle entre Formentera et Campvey.............	19 54 26 .120
Angle entre San-Fortun et Formentera...........	36 46 39 .084
Déviation orientale de la lunette méridienne à Galazo, 2s.3 de temps........................	— 34 .500
Azimut de Formentera sur l'horizon de Mallorca..	36° 46′ 4″.584

Les déviations des lunettes méridiennes à la Mola de Formentera et au Clop de Galazo ont été déduites de nombreuses observations de passages d'étoiles et du mouvement de la pendule. Ces déviations calculées ont été :

DÉVIATION A FORMENTERA.

Première position de la mire. — Par la Chèvre.

20 janvier 1808		α du Bélier....	13s.943	de déviation occident.
	—	Aldébaran.....	13 .656	—
	—	α d'Orion.....	13 .680	—
	—	Sirius.........	13 .414	—
24	—	Aldébaran.....	13 .483	—
	—	α d'Orion......	13 .495	—
28	—	α Baleine......	13 .736	—
	—	ε Éridan.......	13 .723	—
	—	γ Éridan......	14 .296	—
	—	ε Taureau.....	13 .913	—
	—	Aldébaran.....	13 .829	—
	—	Rigel..........	14 .025	—
	—	γ Orion.......	13 .714	—
	—	δ Orion.......	13 .946	—
	—	ε Orion.......	13 .926	—
	—	ζ Orion.......	13 .677	—

28 janvier 1808		α Orion.	13ˢ.951	de déviation occident.
	—	Sirius.........	13 .425	—
	—	ε Grand Chien.	13 .875	—
29	—	α Baleine.	14 .556	—
	—	Aldébaran.....	14 .124	—
	—	Rigel..........	14 .243	—
	—	α Orion.......	14. 118	—
	—	Sirius.........	13 .929	—
	—	ε Éridan.	13 .883	—
	—	γ Éridan.	14 .556	—
	—	γ Orion.	14 .118	—
	—	ε Orion.......	14 .291	—
	—	ζ Orion.	14 .351	—
	—	ε Grand Chien.	14 .242	—
30	—	α Baleine.	13 .841	—
	—	Rigel.	13 .894	—
	—	α Orion.	13 .894	—
31	—	Aldébaran.....	13 .673	—
	—	Rigel.	13 .807	—
	—	α d'Orion.	13 .894	—

Par α de Persée.

28 janvier 1808		ε Éridan.......	13ˢ.142	de déviation occident.
	—	γ Éridan......	13 .702	—
	—	ε Taureau.	13 .091	—
	—	Aldébaran.	13 .069	—
	—	Rigel.	13 .470	—
	—	γ Orion.	13 .100	—
	—	δ Orion.......	13 .368	—
	—	ε Orion.	13 .399	—
	—	ζ Orion.	13 .086	—
	—	α Orion.......	13 .305	—
	—	Sirius.........	13 .004	—
	—	ε Grand Chien.	13 .490	—
29	—	ε Éridan.	13 .449	—
	—	γ Éridan.	14 .047	—
	—	Aldébaran.	13 .423	—
	—	Rigel.	13 .696	—
	—	γ Orion	13 .525	—
	—	ε Orion.	13 .746	—
	—	ζ Orion.	13 .816	—

29 janvier 1808	α Orion.......	13^{s}.741	de déviation occident.
—	Sirius.........	13 .516	—
—	ε Grand Chien.	13 .873	—

Deuxième position de la mire. — Par la Chèvre.

17 février 1808	Rigel.........	2^{s}.7985	de déviation occident.
—	α d'Orion.....	2 .6078	—
18 —	Rigel..........	2 .8856	—
—	α d'Orion.....	2 .7076	—
23 —	Rigel.........	3 .2994	—
—	α d'Orion.....	3 .3061	—
2 mars 1808	Rigel.........	3 .1140	—
—	α d'Orion.....	3 .2031	—
3 —	Rigel.........	3 .0162	—
—	α d'Orion.....	3 .2206	—
5 —	Rigel.........	3 .1469	—
—	α d'Orion.....	3 .3061	—

Déviation au Clop de Galazo.

25 mai 1808	θ du Centaure et η de la grande Ourse........	2^{s}.214	de déviation orient.
—	α du Dragon et Arcturus	1 .790	—
—	θ du Centaure........	2 .412	—

Par α du Dragon.

27 mai 1808	Épi de la Vierge.......	2^{s}.254	de déviation orient.
—	θ du Centaure.........	2 .579	—
—	Arcturus..............	2 .157	—
—	α^{2} Balance............	2 .352	—
—	α Serpent.............	2 .299	—
—	Antarès...............	2 .245	—
—	ε Scorpion............	2 .560	—

On trouvera dans le IVᵉ volume de la *Base du système métrique* les détails rapportés par M. Biot de toutes les observations qui ont été faites pour la détermination de la latitude de Formentera. Il n'est utile de donner ici que le résumé de nos mesures.

Résumé des observations du passage supérieur de la Polaire.

Dates.	Nombre d'observations.	Latitude.	Nom de l'observateur.
11 décembre 1807	22	38° 39′ 58″.72	Biot.
12 —	44	53 .05	Biot.
13 —	54	56 .42	Biot.
14 —	46	57 .57	Biot.
15 —	86	57 .73	Arago.
16 —	80	56 .28	Arago.
17 —	38	56 .42	Arago.
19 —	30	57 .43	Arago.
20 —	120	56 .29	Arago.
21 —	50	56 .15	Arago.
22 —	24	55 .53	Arago.
23 —	22	57 .41	Arago.
24 —	50	57 .15	Arago.
26 —	94	58 .47	Biot.
27 —	82	40′ 0 .66	Biot.
28 —	106	39 56 .42	Arago.
29 —	100	56 .63	Arago.
1er janvier 1808	22	56 .64	Arago.
2 —	108	57 .07	Arago.
5 —	72	59 .32	Chaix.
Moyenne par	1250 observ.	38° 39′ 57″.07	

Résumé des observations du passage inférieur de la Polaire.

Dates.	Nombre d'observations.	Latitude.	Nom de l'observateur.
27 décembre 1807	64	38° 39′ 55″.28	Biot.
29 —	100	54 .71	Arago.
30 —	10	56 .15	Biot.
3 janvier 1808	88	56 .85	Biot.
4 —	120	56 .72	Arago.
5 —	84	54 .94	Biot.
10 —	100	56 .53	Arago.
11 —	102	57 .05	Arago.
12 —	80	54 .52	Biot.
25 —	88	53 .33	Arago.
28 —	90	53 .55	Arago.
29 —	88	53 .83	Arago.
30 —	92	53 .69	Arago.

1er février	42 observ.	38° 39′ 53″.64	Chaix.
2 —	90	54 .09	Chaix.
6 mars	80	53 .93	Arago.
Moyenne par.........	1318 observ.	38° 39′ 54″.93	
Moyenne par l'autre passage........		38 39 57 .07	

Moyenne des deux séries ou latitude définitive par les observations de la Polaire...................... 38° 39′ 56″.00

Résumé des observations du passage inférieur de β de la Petite Ourse.

Dates.	Nombre d'observations.	Latitude.	Nom de l'observateur.
11 décembre 1807	62	38° 39′ 54″.45	Arago.
12 —	60	53 .79	Arago.
13 —	60	53 .29	Arago.
14 —	68	54 .65	Arago.
15 —	46	57 .16	Biot.
19 —	30	55 .62	Biot.
20 —	60	57 .40	Biot.
21 —	18	56 .33	Biot.
22 —	34	55 .77	Biot.
23 —	10	55 .80	Biot.
24 —	30	56 .59	Biot.
25 —	26	40 0 .32	Biot.
26 —	56	39 55 .54	Arago.
27 —	70	56 .80	Arago.
28 —	40	56 .06	Chaix.
29 —	54	55 .08	Chaix.
Moyenne par	724 observ.	38° 39′ 55″.92	

Résumé des observations du passage supérieur de β de la Petite Ourse.

Dates.	Nombre d'observations.	Latitude.	Nom de l'observateur.
28 janvier 1808	36	38° 39′ 54″.80	Arago.
29 —	40	54 .08	Arago.
30 —	50	54 .26	Arago.

1er février	48 observ.	38°39′56″.19	Arago.
2 —	58	56 .54	Arago.
10 —	46	55 .72	Arago.
12 —	54	55 .63	Arago.
19 —	44	59 .29	Chaix.
23 —	42	57 .13	Arago.
28 —	48	58 .01	Chaix.
29 —	46	58 .42	Chaix.
1er mars	40	57 .44	Arago.
2 —	40	56 .99	Arago.
4 —	50	56 .49	Chaix.
5 —	46	55 .69	Arago.
6 —	10	51 .35	Chaix.
Moyenne par..........	698 observ.	38°39′56″.12	
Moyenne par le passage supérieur...		38 39 55 .92	

Moyenne des deux séries ou latitude par β de la Petite Ourse..........	38°39′56″.02
Latitude par la Polaire.............	38 39 56 .00
Moyenne ou latitude définitive......	38°39′56″.01

En calculant l'azimut de Formentera vu sur l'horizon de Mallorca, d'après la latitude ci-dessus, on trouve 36° 46′ 4″.500, nombre qui ne diffère pas sensiblement de celui déduit des observations et qui a été rapporté plus haut 36° 46′ 4″.584 (voir p. 77).

La latitude du Clop de Galazo, calculée avec les éléments précédemment donnés, est de 39° 37′ 18″.

En calculant, d'après les observations faites à chacune de nos stations, les positions géographiques de chaque sommet de nos triangles, on obtient pour les latitudes, les longitudes et les altitudes géodésiques les résultats suivants :

Noms des stations.	Latitudes.	Longitudes en degrés.	Longitudes en temps.	Altitudes ou hauteurs absolues de la mire.	Altitudes ou hauteurs absolues du sol.
				mèt.	mèt.
Mont-Serrat.........	41°36′21″.52 N.	0°31′35″.44 O.	0h 2m 0s.36 O.	"	1237.2
Mont-Matas.........	41 30 34 .18	0 4 11 .40	0 0 16 .76	"	468.9
Montagut............	41 24 25 .92	0 54 56 .04	0 3 39 .71	953.3	952.3
Mont-Jouy (la tour)...	41 21 30 .17	0 17 8 .53	0 1 8 .57	204.8	191.8
Morella (Puy de la)...	41 17 49 .07	0 25 21 .20	0 1 41 .41	598.2	595.2
Saint-Jean...........	41 8 3 .31	0 59 5 .30	0 3 56 .35	92.6	85.7
Lleberia.............	41 5 34 .32	1 28 22 .29	0 5 53 .49	919.4	918.1
Bosch de l'Espina....	40 52 47 .83	1 58 38 .76	0 7 54 .58	1179.0	1178.0
Tosal de Encanadé...	40 43 25 .33	2 12 41 .46	0 8 50 .76	1393.4	1392.0
Mont-Sia............	40 36 51 .94	1 48 28 .20	0 7 13 .88	763.8	762.3
Arès................	40 28 0 .79	2 28 13 .44	0 9 52 .90	1318.7	1317.6
Desierto de las Palmas.	40 5 10 .50	2 18 27 .30	0 9 13 .82	727.9	726.4
Espadan............	39 54 24 .48	2 43 11 .35	0 10 52 .76	1040.2	1038.7
Cullera..............	39 10 37 .13	2 35 23 .29	0 10 21 .55	221.7	219.8
Mongo..............	38 48 27 .02	2 12 50 .86	0 8 51 .39	713.1	711.9
Campvey (Iviza)......	39 3 36 .06	0 59 4 .04	0 3 56 .34	397.7	396.4
Formentera (la Mola).	38 39 56 .80	0 48 11 .26	0 3 12 .75	187.9	183.2
Clop de Galazo......	39 37 18 .00	0 12 16 .00 E.	0 0 49 .06 E.	969.0	966.0

Pendant mon séjour à Formentera, j'ai voulu aussi recueillir un certain nombre d'observations barométriques qui pussent servir à la détermination de la pression moyenne de l'atmosphère dans les îles de la Méditerranée et à l'appréciation des changements diurnes. Des observations simultanées, faites au bord de la mer et à la Mola, devaient servir aussi à vérifier la valeur de la hauteur de cette montagne déduite du nivellement trigonométrique. Je dois placer ici les résultats de ces observations.

Dates et heures des observations.	Baromètre observé.	Thermomètre du baromètre.	Baromètre réduit à zéro.	Circonstances atmosphériques.
30 déc. 1807				
	mill.		mill.	
6h 45m s.	750.7	11°.2	749.3	
9 0	750.6	11 .0	749.3	
10 20	751.2	11 .0	749.9	

31 décembre 1807

	mill.		mill	
9h 0m	751.1	10°.5	749.8	Ciel couvert, quelques gouttes d'eau par intervalles; vent nord-est faible.
10 45	751.1	10 .5	749.8	
1 0	749.6	10 .9	748.3	
2 0	749.4	10 .9	748.1	
4 5	749.0	10 .9	747.7	
5 30	748.9	10 .4	747.6	
7 15	748.9	10 .2	747.7	
10 15	748.5	10 .1	747.3	

1er janvier 1808

8h 15m	747.1	10°.5	745.8	Vent ouest-sud-ouest fort pendant ces observations. Il a plu une grande partie de la nuit.
9 50	747.3	11 .0	746.0	
10 20	747.3	11 .0	746.0	
11 20	746.9	11 .8	745.5	
12 10	746.4	11 .9	745.0	
12 40	746.1	11 .9	744.7	
2 10	745.7	11 .9	744.3	
4 45	745 2	11 .5	743.8	
5 40	745.1	11 .2	743.8	
8 45	744.7	11 .1	743.4	
10 30	744.3	11 .2	743.0	

2 janvier

9h 50m	741.0	12°.5	739.5	Vent sud-ouest très-fort pendant ces observations.
10 50	741.1	12 .9	739.6	
1 30	741.2	13 .5	739.6	
5 15	744.1	12 .3	742.6	

3 janvier

10h	**747.1**	**11°.6**	**745.7**

1er fév. 1808

4h 23m	755.2	11°.0	754.0	Vent sud-est faible. Beau temps.
5 55	755.4	10 .9	754.0	
10 30	756.7	12 .8	754.9	
11 30	756.5	13 .0	754.7	
2 55	755.4	12 .7	753.6	
4 30	755.2	12 .1	753.5	
7 15	755.3	11 .2	753.7	
8 30	755.3	11 .0	753.8	

2 février 1808

	mill.		mill.	
3h 15m	753.3	11° .2	751.8	Vent sud-est faible pendant les observations.
4 30	753.4	11 .0	751.9	
6 30	753.4	10 .5	751.9	
8 45	753.7	12 .0	752.0	
10 0	753.8	12 .5	752.1	
11 0	753.8	13 .1	752.0	
midi	753.6	13 .1	751.8	
5	752.5	12 .5	750.8	
9	752.8	11 .3	751.2	
10 15	752.8	〃	751.3	

3 février

8h 7m	752.9	11 .5	751.5	Ciel totalement couvert pendant cette série d'observations.
9 12	753.2	11 .7	751.8	
9 27	753.3	11 .9	751.9	
9 42	753.4	11 .9	752.0	
9 57	753.4	11 .6	752.0	
10 12	753.5	11 .7	752.1	
10 27	753.4	11 .8	752.0	
10 42	753.4	11 .8	752.0	
10 57	753.3	11 .8	751.9	
11 12	753.3	11 .9	751.9	
11 27	753.3	12 .0	751.8	
11 42	753.2	12 .0	751.7	
11 57	753.2	12 .0	751.7	
12 12	753.2	12 .0	751.7	
12 27	753.1	12 .0	751.6	
12 42	752.9	12 .0	751.4	
12 57	752.8	12 .0	751.3	
1 12	752.7	12 .0	751.2	
1 27	752.5	12 .0	751.0	
1 42	752.2	12 .0	751.7	
5 2	751.9	11 .5	750.5	
10 42	752.4	11 .0	751.1	

4 février

7h 30m	752.2	10 .2	750.8	Pluie abondante; vent est furieux depuis sept heures.
10 45	752.5	11 .2	751.9	
1 0	751.6	11 .2	750.0	
2 30	751.2	11 .5	749.6	
5 15	751.5	11 .0	749.9	

4 février 1808				
	mill.		mill.	
7h 15m	751.6	11° .0	750.1	Pluie abondante; vent est furieux depuis sept heures.
9 30	751.6	10 .9	750.1	
11 0	751.8	10 .9	750.0	
5 février				
8h 30m	752.2	10° .9	750.6	Ciel couvert; vent est très-fort pendant ces observations.
10 30	752.7	11 .0	751.2	
1 0	752.3	11 .0	750.8	
3 3	752.2	10 .9	750.7	
6 0	752.3	10 .5	750.8	
8 0	752.5	10 .7	751.0	
10 0	753.0	10 .8	751.5	
11 0	752.9	11 .0	751.4	
6 février				
8h 0m	753.4	11° .0	751.9	Ciel couvert; vent est très-fort pendant toute la journée.
10 30	754.7	11 .5	753.1	
midi	754.7	11 .5	753.1	
//	754.8[1]	//	//	
2 0	754.2	11 .7	752.6	
4 0	753.9	11 .6	752.3	
6 45	754.9	11 .2	753.3	
8 0	755.2	11 .1	753.7	
10 30	755.4	11 .0	753.8	
minuit	755 3	11 .0	753.8	
7 février				
7h 45m	754.9	11° .5	753.3	Pluie jusqu'à 9 heures. Ciel couvert; vent extrêmement fort pendant le reste de la journée.
9 0	755.3	11 .8	653·6	
10 0	755.4	12 .0	753.7	
11 0	755.4	//	753.7	
midi	754.7	12 .5	753.0	
2 0	753.9	12 .9	752.1	
2 15	753.4	12 .2	751.7	
6 10	753.2	12 .0	751.5	
7 40	753.1	12 .0	751.4	
9 25	753.0	11 .8	751.4	
11 0	752.9	11 .6	751.3	

1. En touchant la vis du niveau.

	mill.		mill.	
8 février 1808				
7h 30m	750.6	12°.1	748.9	
9 0	750.4	12 .1	748.7	
10 30	750.2	12 .5	748.5	
midi	749.7	13 .6	747.8	
1 30	748.7	13 .5	746.8	
3 0	748.3	13 .1	746.5	Ciel couvert; vent est très-fort tout le jour.
4 15	748.4	12 .6	746.7	
5 45	748.5	12 .0	746 8	
7 0	748.1	11 .8	746.4	
8 45	746.1	11 .7	744.5	
10 15	746.9	12 .0	745.2	
10 55	747.1	12 .0	745.4	
9 février				
2h 0m	746.3	12°.0	744.6	
9 0	745.2	12 .2	743.5	
9 35	745.3	12 .4	743.6	
10 20	745.3	12 .8	743.5	
11 15	745.2	13 .0	743.4	Vent est très-fort jusqu'à 6 heures; ensuite le temps s'est calmé, mais il est resté couvert.
12 25	744.3	13 .0	742.5	
1 45	743.7	13 .0	741.9	
3 20	743.6	13 .0	741.8	
5 30	743.6	12 .0	741.9	
7 5	744.0	12 .0	742.3	
8 5	744.1	12 .0	742.4	
9 45	744.1	11 .5	742.5	
10 février				
4h 0m	743.4	11°.0	741 9	
5 45	743.1	11 .0	741.6	
7 30	743.2	11 .1	741.7	
8 45	743.8	12 .2	742.1	
18 0	744.0	13 .0	742.2	Peu de vent ouest; beaucoup de vapeurs jusqu'à 3h 30m, ensuite vent nord fort depuis 4 heures jusqu'à 6h 30m. Pluie et vent nord fort pendant le reste de la journée.
11 15	744.2	13 .9	742.2	
midi	743.9	14 .0	742.0	
1 15	743.7	14 .0	741.8	
3 5	743.7	13 .5	741.9	
4 45	744.0	12 .2	742.3	
6 0	744.5	11 .2	743.0	
6 30	745.3	11 .1	743.8	
7 45	746.2	9 .5	744 9	
9 0	746.2	8 .8	745.0	
10 0	747.0	8 .8	745.8	

11 février 1808

	mill.		mill.	
8h 30m	750.7	7°.8	749.6	Vent nord très-fort; nuages épais.
9 30	750.8	7 .9	749.7	
10 30	751.2	8 .3	750.0	
11 15	751.2	8 .9	749.9	
12 5	751.1	9 .0	749.9	
1 10	750.9	9 .0	749.7	
2 55	750.8	9 .2	749.5	
4 0	750.9	9 .0	749.7	
6 20	750.7	8 .7	749.5	
7 30	750.8	8 .5	749.6	
8 45	750.8	8 .8	749.6	
9 25	750.8	8 .8	749.5	

12 février

4h 45m	748.9	8°.0	747.8	Vent nord-ouest fort pendant ces observations; ciel assez beau, horizon trouble.
5 40	748.2	8 .1	747.0	
8 5	747.9	9 .1	746.7	
10 0	746.9	10 .5	745.5	
11 40	746.1	11 .1	744.6	
12 45	744.5	11 .3	742.9	
4 40	742.5	11 .0	740.9	
7 20	742.5	10 .5	741.1	

14 février

8h	740.8	5°.2	740.1	Un peu de neige par intervalles pendant cette suite d'observations; vent nord fort.
10	741.6	5 .1	740.9	
11 20	741.7	6 .0	740.9	
midi	741.7	6 .0	740.8	
1 30	741.6	6 .2	740.8	
6 0	743.4	5 .0	742.7	
9 0	744.2	4 .3	743.6	

15 février

8h 15m	745.2	3°.5	744.7	Vent nord-nord-ouest fort pendant tout le jour.
9 40	745.5	4 .5	744.9	
11 0	745.9	5 .6	745.1	
midi	745.8	6 .0	745.0	
2 30	745.9	6 .0	745.1	
4 0	746.2	6 .0	745.4	
5 30	746.7	5 .5	745.9	
8 20	747.2	5 .0	746.5	
9 40	747.4	5 .2	746.7	

16 février 1808

	mill.		mill.	
7h30m	748.6	5°.1	747.9	Vent ouest-nord-ouest fort.
9 0	749.1	6 .0	748.2	
11 0	749.3	7 .2	748.8	
midi	749.1	8 .0	748.0	
3 0	748.1	8 .7	746.9	
6 20	747.5	8 .5	746 4	
9 20	747.4	9 .2	746.1	

17 février

7h30m	746.7	9° 2	745.4	Vent ouest très-fort jusqu'à 6 heures, ensuite il s'est calmé.
10 15	747.2	10 .9	745.7	
11 30	747.3	11 .2	745.8	
1 10	747.1	11 .9	745.5	
2 53	745.1	11 .9	745.5	
5 20	747.6	11 .0	746.0	
7 53	748.1	10 .5	746.7	

18 février [1]

9h30m	767.8	14 .0	766.1	Soleil tantôt couvert et tantôt très-brillant.
9 45	767.8	15 .0	765.9	
10 0	767.9	15 .5	766.0	
10 15	768.0	16 .9	766.9	
10 30	768.0	16 .7	766.9	
11 0	768.0	16 .0	766.0	
11 15	768.1	18 .0	765.8	
11 30	768.0	16 .2	766.0	
11 45	768.0	19 .0	765 6	
midi	768.0	22 .0	766.3	
12 15	767.9	18 .0	765.7	

18 février [2]

9h15m	750.4	10°.4	749.0	Ciel nuageux. Pluie après midi.
9 30	750.5	10 .7	749.0	
9 45	750.5	10 .9	749.0	
10 0	750.5	11 .0	749.0	
10 15	750.5	11 .1	749.0	
10 30	750.6	11 .1	749 1	
10 45	750.6	11 .0	749.1	
11 0	750 5	10 .9	749.0	

1. Au bord de la mer.
2. A la station de la Mola.

18 février 1808	mill		mill	
11h 15m	750.5	10°.8	749.0	Ciel nuageux. Pluie après midi.
11 30	750.4	10 .9	748.9	
11 45	750.4	11 .0	748.9	
12 0	750.3	11 .4	748.7	
12 15	750.3	11 .4	748.7	
12 30	750.2	11 .2	748.7	
12 45	750.2	11 .0	748.7	
3 20	749.7	10 .7	748.2	
5 20	749.6	10 .0	748.2	
6 40	749.5	9 .5	748.2	
8 40	749.1	9 .2	747.8	
9 25	748.5	9 .4	747.2	
19 février				
3h 25m	745.0	9°.4	743.7	Le vent a soufflé de l'ouest jusqu'à 2 heures, ensuite il a passé au sud-est et il était très-fort; à 5 heures il pleuvait; à 9 heures il tombait de la grêle.
5 0	743.8	9 .0	742.6	
7 0	742.8	9 .0	741.6	
9 30	743.3	10 .0	741.9	
11 25	743.2	11 .5	741.6	
1 40	742.6	11 .5	741.0	
4 0	742.8	10 .0	741.4	
5 25	743.6	9 .5	742.2	
7 30	744.5	7 .5	743.5	
9 30	745.6	7 .3	744.5	
20 février				
9h 0m	748.1	6°.5	747.2	Ciel couvert, vent est, pluie par intervalles.
11 0	748.9	8 .3	747.8	
midi	748.9	8 .5	747.7	
3 30	748.7	7 .1	747.7	
4 30	748.8	7 .1	747.7	
7 40	748.9	6 .1	748.1	
8 40	749.1	6 .0	748.3	
21 février				
7h 0m	748.8	6°.0	748.0	Pluie depuis 10 heures; vent est très-fort.
9 30	749.5	6 .5	748.6	
10 45	749.7	6 .1	748.9	
11 30	749.6	6 .4	748.8	
12 40	749.4	6 .0	748.5	
3 0	749.2	6 .0	748.3	
4 0	749.2	6 .1	748.3	
7 0	749.8	6 .5	748.9	
8 15	749.9	6 .3	749.0	

22 février 1808

	mill.		mill.	
7h 0m	749.9	7°.0	748.9	Pluie depuis 5 heures; vent est très-fort.
9 45	745.4	7 .1	744.4	
11 30	740.3	8 .5	739.1	
1 15	750.0	8 .9	748.8	
2 45	749.9	8 .5	748.7	
5 0	750.1	8 .0	749.0	
7 15	750.2	8 .0	749.0	
8 30	750.2	8 .0	749.1	
23 février				
4h 54m	748.4	7°.0	747.4	
6 45	748.1	7 .0	747.1	
9 0	748.0	8 .1	746.9	
10 50	747.3	9 .5	746.0	
12 0	746.3	10 .0	744.9	
2 10	744.6	10 .0	743.2	
4 30	743.7	9 .8	742.3	

J'ai rapproché des observations précédentes les observations correspondantes que j'ai pu trouver dans les registres de l'Observatoire de Paris :

Dates et heures des observations.	Baromètre observé.	Thermomètre du baromètre.	Baromètre réduit à 0°.	Circonstances atmosphériques.
1er février 1808	mill.		mill.	
8h 0m	761.3	9° .5	760.2	Vent sud-ouest; quelques éclaircies.
midi	761.5	12 .4	760.0	
2 30	760.2	11 .9	758.7	
2 février				
8h 0m	758.0	9 .5	756.8	Vent sud-ouest fort toute la journée; ciel couvert; il pleuvait à 3 heures.
10 0	757.5	10 .0	756.3	
midi	756.8	10 .1	755.6	
3 0	755.5	10 .3	754.2	
4 février				
6h 30m	763.6	1° .6	763.4	Brouillard très-épais; vent ouest à 6 heures; temps calme à midi.
9 0	767.6	3 .5	767.2	
midi	769.0	3 .1	768.6	

5 février 1808				
	mill.		mill.	
8h	768.8	—1°.8	769.0	Vent sud-sud-ouest faible; ciel trouble ou couvert tout le jour.
midi	768.6	4 .4	768.1	
3	768.1	3 .9	767.6	
minuit	766.3	2 .5	766.0	
6 février				
8h 30m	765.4	3°.5	765.0	Ciel couvert; vent sud-sud-ouest fort.
9 15	765.4	4 .1	764.9	
midi	765.2	6 .3	764.4	
7 février				
8h	762.0	8°.0	761.0	Ciel couvert; vent sud-ouest assez fort.
midi	762.7	10 .3	761.4	
4	761.8	8 .1	760.8	
minuit	760.8	6 .5	760.0	
8 février				
8h	759.1	7°.0	758.2	Ciel couvert; vent sud-ouest assez fort.
midi	757.5	8 .9	756.3	
2 30	756.8	9 .3	755.7	
7	754.7	6 .3	753.9	
9 février				
8h	754.4	3°.0	754.0	Ciel très-nuageux; vent ouest-nord-ouest.
midi	756.8	4 .3	756.3	
7	756.6	3 .3	755.9	
10	758.0	—0 .8	758.1	
10 février				
9h	758.5	1°.4	758.4	Ciel nuageux; vent nord-ouest. Il neigeait à 2h 30m.
midi	759.6	3 .5	759.2	
2 30	759.9	3 .0	759.5	
10	762.0	—1 .3	762.2	
11 février				Ciel trouble et couvert depuis 7 heures jusqu'au soir; à 10 heures il pleuvait beaucoup et le vent soufflait du sud-ouest avec une grande force; dans la journée il avait soufflé de l'ouest.
5h	761.9	—3°.0	762.3	
7 15	763.1	—3 .3	763.5	
midi	761.3	3 .5	760.9	
2 30	760.0	3 .5	759.4	
10 30	750.6	2 .0	750.4	

En calculant la hauteur de la Mola de Formentera d'après les observations faites simultanément le 18 février 1808 au bord de la mer et sur la montagne (p. 89), et en se servant des tables d'Oltmanns on trouve les nombres suivants :

	Hauteurs déduites des observations barométriques
de 9h 30m du matin.............	189m.22
de 9 45	187 .36
de 10	188 .77
de 10 15	199 .19
de 10 30	198 .00
de 11	188 .91
de 11 15	187 .49
de 11 30	190 .01
de 11 45	186 .75
de midi	201 .27
de 12 15	189 .97
Moyenne...........	190m.92

On voit que ce sont les observations de 9 heures du matin qui se rapprochent le plus du résultat fourni par le nivellement trigonométrique.

J'ai dit que les résultats de nos opérations avaient été remis au Bureau des longitudes pour qu'il en fût tiré les conclusions convenables sur la valeur de l'arc du méridien et pour la détermination du mètre définitif. Une Commission fut à cet effet nommée par le Bureau ; elle était composée de MM. Mathieu, Bouvard et Burckhardt. Le rapport fait par cette Commission a été publié en 1808 dans la *Connaissance des temps* pour 1810 ; il indique les mesures de la longueur du pendule que nous avons faites M. Biot et moi, et que je n'ai pas besoin,

pour cette raison, de mentionner autrement dans ce Mémoire; il est ainsi conçu :

« Le Bureau des longitudes a chargé une Commission, prise parmi ses membres, d'examiner et de calculer, avec le plus grand soin, les observations relatives à la continuation de la méridienne en Espagne jusqu'aux îles Baléares. Voici les résultats de ce travail :

« La nouvelle mesure s'étend depuis le fort de Mont-Jouy, près de Barcelone, jusqu'à la petite île de Formentera, dans la Méditerranée. L'étendue de l'arc, dans le sens du méridien, depuis le signal de Matas jusqu'à celui de Formentera, est de 315,552 mètres : comme il est tout entier sur la mer, on l'a mesuré en prolongeant une suite de triangles sur la côte d'Espagne, depuis Barcelone jusqu'au royaume de Valence, et en joignant la côte de Valence aux îles par un immense triangle dont un des côtés a plus de 160,000 mètres (82,555 toises). A de si grandes distances les signaux de jour eussent été invisibles : on a employé des signaux de nuit, formés par des lampes à courant d'air munies de réflecteurs, que l'on entretenait constamment allumées dans chaque station, depuis le coucher du Soleil jusqu'à son lever. Les angles ont été mesurés au moyen d'un grand cercle répétiteur de Lenoir, avec toutes sortes de vérifications. La triangulation a été commencée dans l'hiver de 1806, cette saison étant la seule qui pût offrir des temps assez clairs pour l'observation des grands triangles. A la fin de l'été de 1807 toutes les opérations géodésiques étaient terminées.

« La latitude de Formentera, le point le plus austral de l'arc, a été déterminée cet hiver par 2558 observations de l'étoile polaire, faites avec un cercle répétiteur à niveau fixe, construit par Fortin. Le plus grand écart des séries partielles autour de la moyenne de toutes les séries est de 4 secondes sexagésimales, et cela n'arrive que deux fois en sens contraires : pour toutes les autres séries la limite des écarts extrêmes est de 2 secondes. Ces écarts sont les mêmes que ceux que Bradley a trouvés dans ses recherches sur la nutation, en observant près du zénith avec de grands secteurs. Ils paraissent dus aux variétés des réfractions produites par le changement de figure des couches atmosphériques; mais leur petitesse donne l'assurance que la latitude conclue de l'ensemble des observations est exacte.

« Cette latitude, en degrés décimaux, ou grades, est de.. 42.961777

« Celle de Dunkerque, observée par Delambre et conclue des seules observations de la Polaire, est de...... 56.706652

« Différence, ou arc du méridien entre Dunkerque et Formentera.................................... 13.744875

« Au moyen de ces résultats on peut vérifier le mètre qui nous sert d'unité de mesure. Le mètre définitif, invariablement adopté par les lois françaises, est égal à 443 lignes et 296/1000es de la toise du Pérou, prise à 16° 3/4 du thermomètre centésimal. Cette longueur a été déterminée d'après la première mesure de la méridienne faite par Méchain et Delambre, entre Dunkerque et Barcelone, et que l'on a supposée égale au quart du méridien terrestre considéré comme elliptique. Si la Terre était exactement sphérique, chaque degré décimal, ou chaque grade, contiendrait 100,000 mètres; ainsi, en multipliant l'arc céleste mesuré par le nombre 100,000, on aurait la distance de Dunkerque à Formentera en mètres égale à 1,374,487^{m}.50.

« Mais l'aplatissement de la Terre rend cette valeur un peu moindre. Pour calculer la correction qui en résulte, nous adopterons l'aplatissement 1/305e qui est donné par la théorie de la Lune. Cette évaluation est la plus probable de toutes, puisqu'elle appartient à l'ensemble de la figure de la Terre, indépendamment de ses petites irrégularités, qui disparaissent à la distance où la Lune est placée. On trouve ainsi qu'il faut retrancher de l'arc 48^{m}.37, ce qui donne pour distance réelle entre Dunkerque et Formentera sur le sphéroïde.................................... 1,374,439^{m}.13

« D'après les mesures des triangles, cette distance est de.................................... 1,374,438^{m}.72

« Différence entre ces deux évaluations.......... 0^{m}.41

« Une erreur aussi petite sur un aussi grand arc est réellement étonnante, car elle est fort au-dessous de ce qu'on peut raisonnablement attribuer aux erreurs des observations. Elle aurait pu être quarante ou cinquante fois plus considérable, qu'il n'en serait résulté aucun inconvénient sensible dans les opérations les plus délicates des arts. Si l'on calcule quelle aurait été la longueur du mètre d'après ces données, on trouve :

Longueur du mètre dans la sphère..............	443^{lig}.28020
Correction dépendante de l'aplatissement de 1/305e.	0^{lig}.01559
	443^{lig}.29580

« Ce résultat diffère seulement de 2/10,000^{es} de ligne du mètre définitif, conclu de la première mesure entre Dunkerque et Barcelone ; par conséquent, si l'on eût attendu pour fixer le mètre que

l'opération entière eût été terminée, sa longueur eût été moindre de 2 10.000^{es} de ligne ; mais cette quantité est tout à fait insensible; elle se perd dans les erreurs des observations, et si on voulait l'apprécier exactement par des mesures directes, il faudrait des milliers d'expériences faites avec les instruments les plus parfaits que nous ayons; en sorte qu'une pareille rigueur serait absolument illusoire et inutile. En négligeant cette différence insensible, il est très-satisfaisant de voir la valeur légale du mètre aussi bien confirmée par l'opération entière ; car elle l'est d'autant plus sûrement que l'aplatissement de la Terre, seul élément qu'il faille chercher dans des observations étrangères, n'influe sur cette longueur que pour 16/1000es de ligne, et cet élément, ainsi conclu de la théorie de la Lune, paraît au moins aussi exact que celui qui résulte des observations géodésiques elles-mêmes.

« Le rapport du mètre avec la longueur du pendule à secondes est intéressant à connaître pour nos mesures ; il suffirait pour en retrouver le type, si elles étaient jamais perdues. Cette connaissance est également utile pour la théorie de la figure de la Terre. Par cette double raison on a observé le pendule à Formentera avec beaucoup de soin. Les expériences ont été aussi examinées et calculées par une Commission du Bureau des longitudes : elles sont au nombre de dix, et leurs écarts autour de la moyenne ne s'élèvent pas à plus de 4/100es de millimètre ou 2/100es de ligne environ : le résultat moyen déduit de leur ensemble donne la longueur du pendule à secondes décimales à Formentera et dans le vide 0.7412061

« D'après la théorie de la figure de la Terre exposée dans le second volume de la *Mécanique céleste*, en partant des expériences très-exactes faites à Paris par Borda, on trouve pour cette longueur............... 0.7411445

« La différence est de 6/100es de millimètre, ou 1/33e de ligne. Elle peut être due aux irrégularités de la figure de la Terre. La même expérience vient d'être répétée à Bordeaux et à Figeac, sous le parallèle de 45 degrés, et elle a donné unr ésultat à très-peu près le même que celui que donne la théorie citée. On va la répéter encore à Dunkerque, à l'extrémité boréale de l'arc mesuré ; mais auparavant on vient de la répéter à Paris, avec les mêmes appareils qui avaient servi en Espagne. On a trouvé un résultat qui ne diffère de celui de Borda que de 2/100es de millimètre, ou 9/1000es de ligne, ce qui confirme à la fois les deux mesures du pendule de Formentera et de Paris.

« Les inclinaisons des divers côtés des triangles sur la méridienne, ou leurs azimuts, sont encore des éléments utiles pour la théorie

de la figure de la Terre. Méchain et Delambre les avaient observés sur différents points de l'arc compris entre Dunkerque et Mont-Jouy. On a également déterminé à Formentera l'azimut du dernier côté du dernier triangle par un grand nombre de passages d'étoiles observés à la lunette méridienne.

« D'après les résultats que nous venons de rapporter, on voit que la nouvelle mesure de la méridienne qui vient d'être faite en Espagne confirme la valeur du mètre et lui donne une nouvelle certitude, en la rendant presque indépendante de l'aplatissement de la Terre. Cette mesure, en se liant à la méridienne de France, offre un arc de près de 14 grades, situé à égales distances de l'équateur et du pôle, sur différents points duquel on a observé les latitudes, les azimuts et les variations de la pesanteur, et qui, pour l'étendue, la situation et l'exactitude des moyens employés, forme la plus belle opération de ce genre que l'on ait jamais exécutée. »

On vient de voir quelles conséquences la Commission du Bureau des longitudes de 1808 a cru devoir tirer des observations faites en Espagne. Les calculs de la Commission sont évidemment complétement distincts des mesures qui, interprétées autrement, pouvaient conduire à des résultats un peu différents. C'est effectivement ce qui est arrivé à M. Puissant, qui a lu à ce sujet, le 7 mai 1836, un Mémoire à l'Académie des sciences. Nous avons dû, M. Biot et moi, répondre le 9 mai par la Note suivante rédigée par mon savant confrère :

« L'objet du Mémoire de M. Puissant est d'établir que la distance des parallèles de Mont-Jouy et de Formentera, qui résulte de nos triangles d'Espagne, est plus grande de 57 toises qu'on ne l'avait jusqu'à présent supposé. A cette occasion, M. Puissant, citant un passage de l'ouvrage où nous avons consigné nos observations, M. Biot, dit-il, s'exprime ainsi, page xxvij : « Lorsque les observations eurent été remises au Bureau des longitudes, une Commission fut chargée de les examiner et de les calculer. Le résultat de ce travail, comparé aux observations de Delambre à Dunkerque, donna une valeur du mètre presque exactement égale à celle que les lois françaises ont fixée, d'après les dernières déterminations. La différence est au-dessous d'un dix-millième de ligne; elle ne produi-

rait que quatre dixièmes de mètre, environ 176 lignes, sur la longueur totale de l'arc terrestre compris entre les parallèles de Dunkerque et de Formentera. »

« Sur quoi M. Puissant ajoute : « Quoi qu'il en soit de cette assertion, il est évident que la nouvelle valeur de l'arc trouvée ci-dessus conduit à une conséquence très-différente de celle qu'a tirée la Commission du Bureau des longitudes. »

« Dans une page précédente, M. Puissant se plaint que nous n'ayons pas inséré le calcul de l'arc d'Espagne dans notre ouvrage où, dit-il, cette opération numérique aurait dû naturellement se trouver.

« D'abord, quant à l'assertion que notre honorable confrère paraît révoquer en doute, elle est textuellement tirée du rapport de la Commission qui fut en effet chargée d'examiner les opérations d'Espagne et d'en calculer les résultats. L'un de nous deux, M. Arago, était alors occupé à mesurer un arc de parallèle entre Formentera et Mayorque. L'autre, quoique de retour à Paris, ne pouvait faire partie d'une Commission chargée d'examiner des observations auxquelles il avait coopéré. Les commissaires furent MM. Bouvard, Mathieu et Burckhardt. Tous les triangles, ainsi que la latitude de la station australe, furent calculés séparément par chacun d'eux, sur nos observations, d'après les méthodes de Delambre, et Burckhardt en fit le rapport général le 1er juin 1808. Le Bureau décida que ce rapport serait inséré dans la *Connaissance des temps* de 1810, qui s'imprimait cette année même; et il s'y trouve, en effet, page 485. Si notre honorable confrère veut consulter ce document officiel (voir ci-dessus p. 94 à 97), il pourra vérifier l'exactitude de notre citation.

« C'est même là qu'il devra recourir pour établir la longueur attribuée jusqu'à présent à l'arc du méridien qui traverse nos triangles d'Espagne. Delambre n'a fait que l'adopter telle que l'avaient trouvée les trois commissaires, comme on le voit par un calcul fort simple que nous donnons ici en note [1]. Cette détermination, comme

1. « Longueur totale de l'arc méridien compris entre le signal de Dunkerque et celui de Formentera, exprimée en parties du mètre légal, selon la détermination adoptée par la Commission du Bureau des longitudes (*Conn. des temps* pour 1810, p. 486)... 1,374,438^{m}.72

« Valeur du mètre légal en toises.................................. 0.513074

« En multipliant le nombre de mètres par ce facteur on a :

« Longueur totale de l'arc en toises.................................. 705188^{t}.77

« C'est la valeur adoptée par Delambre, *Base du système métrique*, tome III, page 298.

« Dans ce même volume, page 89, Delambre donne la longueur de l'arc méridien compris entre Dunkerque et Mont-Jouy et cette valeur, conforme

nous l'avons dit, était fondée sur sa méthode même et elle résultait également des trois calculs. Or, les personnes qui connaissent cette méthode, savent qu'elle donne lieu à des décompositions de triangles sphériques qui peuvent s'effectuer et se calculer de plusieurs manières; de sorte que les calculateurs, indépendants les uns des autres, doivent être naturellement conduits à des combinaisons diverses dont la variété donne plus de force à la concordance des résultats. Aujourd'hui, en appliquant à ce même réseau de triangles une autre méthode de calcul qui lui est propre et une formule approchée qu'il en déduit, M. Puissant trouve une augmentation de 57 toises sur l'arc du méridien qui traverse notre triangulation. L'erreur est-elle du côté des trois calculateurs, ou résulte-t-elle de la nouvelle formule? C'est ce que M. Arago et moi n'avons pas à résoudre, étant étrangers au calcul contesté. Mais il faut lui attribuer la triple autorité dont il dérive et non pas, comme M. Puissant, le faire reposer sur celle de Delambre, qui n'y a point pris part. Si les trois personnes, qui ont fait séparément le calcul, ont pu se tromper toutes d'une même quantité, ne se pourrait-il pas aussi que, dans ce cas, la formule approchée de M. Puissant ne fût pas assez exacte? C'est un simple doute que nous émettons. M. Puissant s'est assuré qu'entre le Panthéon et Mont-Jouy elle donne le même résultat que la méthode de Delambre. Mais les triangles qui enveloppent cet arc ont peu d'étendue, comme ayant été observés avec des signaux de jour, au lieu que nos triangles d'Espagne sont d'un tout autre ordre. Par exemple, celui à l'aide duquel nous avons joint l'Espagne aux îles Baléares a pour base toute la longueur du royaume de Valence et son grand côté, qui s'étend sur la mer, a plus de 82,555 toises. En outre, notre chaîne de triangles longeant les côtes de Valence et de Catalogne, s'éloigne notablement du méridien pour venir le rejoindre à nos dernières stations d'Ivice et de Formentera. La réunion de ces circonstances ne rendrait-elle pas moins exactes les projections des triangles sur l'ellipsoïde osculateur dont M. Puissant fait usage et qu'il déter-

à une toise près à celle qu'on trouve dans la *Mécanique céleste*, t. II, p. 141, est.. 551583t.6

« En la soustrayant de la longueur totale de l'arc adopté par la Commission on aura la longueur de l'arc partiel compris entre Mont-Jouy et Formentera ; elle sera.. 153,605t.47

« Cette évaluation a été adoptée par M. Laplace dans l'*Exposition du système du monde*, 5e édition. page 62.

« C'est aussi le nombre cité par M. Puissant dans son Mémoire ; mais il repose sur les calculs concordants des trois commissaires du Bureau des longitudes et non pas sur l'autorité de Delambre seul. »

mine par sa formule approchée? C'est un point qui, peut-être, mérite qu'on l'éclaircisse avant de prononcer affirmativement sur les résultats ainsi obtenus.

« M. Puissant juge que nous aurions dû, M. Arago et moi, donner le calcul numérique de l'arc du méridien qui traverse les triangles d'Espagne, dans le volume que nous avons publié. Notre opinion a été différente et nous en avons dit les motifs dans le court avant-propos placé en tête de notre ouvrage. A l'époque où celui-ci fut terminé, en 1821, nous allions partir, M. Arago et moi, pour réobserver, avec une Commission anglaise, la latitude de Dunkerque, sur laquelle on avait quelques doutes, qui heureusement ne se sont pas réalisés. On devait ensuite revoir la jonction des côtes de France et d'Angleterre, ce que M. Arago et M. Mathieu ont également effectué en société avec les observateurs anglais. La latitude de Formentera, limite australe de l'arc, n'avait été observée que d'un seul côté du zénith. Un de nous est allé la reprendre en 1825, et, quoiqu'il n'ait pas encore publié l'ensemble de ses résultats, il s'est assuré qu'ils n'offriront pas de différence notable avec la première détermination. Nous avions même encore fait des préparatifs pour mesurer une base sur l'arc d'Espagne dans l'Albufera, projet que les événements politiques sont venus interrompre. Tout cela nous a déterminés à donner, dans le volume qui a paru, les observations pures et simples de nos triangles d'Espagne, avec celles de la latitude et du pendule qui les accompagnent; remettant à un autre volume le calcul de l'arc du méridien et de la longueur théorique du mètre qui s'en déduiront. Ce volume, qui sera le cinquième de la *Base du système métrique*, renfermera, en outre, les nombreuses observations de toute nature, à l'aide desquelles on a déterminé de nouveau la latitude de Dunkerque; la nouvelle détermination de la latitude de Formentera, tant de nuit que de jour; la mesure de l'arc du parallèle compris entre Formentera et Mayorque, avec les azimuts observés à ses deux extrémités, pour fixer l'ellipsoïde osculateur dans cette portion australe de l'arc méridien; enfin, la nouvelle triangulation destinée à rattacher les opérations géodésiques d'Angleterre et de France, pour pouvoir faire remonter l'arc au nord jusqu'à l'Observatoire de Greenwich, dont la latitude est bien connue. C'est de l'ensemble de ces documents perfectionnés que nous croirons pouvoir déduire les corrections théoriques que la valeur légale du mètre devra exiger, pour concorder avec les mesures géodésiques. Lorsque nous reprendrons cette rédaction nous examinerons scrupuleusement les méthodes que nous devons employer pour le calcul de nos triangles, et de

quelque côté que soit l'erreur des évaluations actuelles, nous ne manquerons pas de la signaler. »

Après une telle discussion, le Bureau des longitudes pensa qu'il devait intervenir officiellement. Une Commission composée de MM. Mathieu, Daussy et Largeteau, fut chargée de rechercher les sources de l'erreur de calcul commise en 1808. M. Largeteau fit au nom de cette Commission un rapport que je communiquai à l'Académie dans la séance du 21 juin 1841, et dont je présenterai ici un extrait :

« Lorsque MM. Biot et Arago présentèrent, en 1808, au Bureau des longitudes les observations géodésiques et astronomiques qu'ils avaient exécutées pour prolonger jusqu'à Formentera la mesure de la méridienne de Dunkerque, une Commission, composée de MM. Bouvard, Burckhardt et Mathieu, fut désignée pour calculer ces observations et en déduire l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et de Formentera. Le résultat auquel est parvenue cette Commission de 1808 est consigné dans la *Connaissance des temps* pour 1810, où l'on trouve, page 486, distance méridienne de Dunkerque à Formentera = 1,374,438^{m}.72, et dans le troisième volume de la *Base du système métrique*, où l'on voit, page 298, que cette même distance = 705,188^{t}.77, ce qui est l'équivalent de la longueur précédente. Dans ce même volume, pages 77 et 89, Delambre donne la longueur de l'arc du méridien compris entre Dunkerque et Mont-Jouy = 551,589^{t}.6 ; en soustrayant cette quantité de la longueur totale de l'arc adoptée par la Commission de 1808, on a la longueur de l'arc partiel compris entre Mont-Jouy et Formentera = 153,605^{t}.17.

« M. le colonel Puissant ayant présenté l'évaluation de cette dernière longueur comme affectée d'une erreur de 69 toises, le Bureau des longitudes a chargé une nouvelle Commission, composée de MM. Mathieu, Largeteau et Daussy, de faire les calculs propres à éclaircir cette question.....

« En récapitulant les différents calculs, la distance méridienne de Mont-Jouy à Formentera a été trouvée

Par M. Mathieu, de......... 153,672^{t}.39
Par M. Largeteau, de....... 153,674^{t}.48

Par M. Daussy, de.......... 153 675ᵗ.66
Par M. Puissant, de........ 153.674ᵗ.01

« Les différences entre ces quatre résultats sont petites, et proviennent de la non-identité des points de départ. Ainsi l'erreur signalée par M. Puissant est incontestable. Ceci étant reconnu, nous avons dû rechercher quelle avait été la cause de l'erreur dont est affecté le résultat adopté par l'ancienne Commission.

« Les calculs originaux que nous venons de présenter au Bureau ne disent pas d'une manière explicite quelle a été la formule employée; mais ils sont dans toutes leurs parties l'application exacte d'une formule donnée en manuscrit par Delambre à la Commission de 1808, formule que, plus tard, il a reproduite dans le IIIᵉ volume de la *Base du système métrique*, pages 4 et suivantes, et dont il a donné un exemple numérique, page 190 du même volume. Pour nous assurer de ce que nous venons de dire, nous avons aussi suivi cette formule, en adoptant la distance de Matas à la méridienne de Dunkerque, 4,691ᵗ.0 (*Base du système métrique*, t. III, page 268), et en prenant, comme l'ancienne Commission, 51° 22′ 31″.37 pour l'azimut de la Morella sur l'horizon de Matas, azimut déduit, conformément à la méthode de Delambre, de celui de Matas observé à Mont-Jouy. Pour ce calcul, M. Mathieu a de nouveau déterminé les longueurs de tous les côtés des triangles, en adoptant les mêmes angles que MM. Largeteau et Daussy.

« Nous avons ainsi calculé successivement la projection rectangulaire, par des arcs de grand cercle, sur le méridien de Dunkerque, des côtés Matas — la Morella, la Morella — Saint-Jean, Saint-Jean —Mont-Sia, Mont-Sia—le Desierto, le Desierto —Campvey et Campvey — Formentera. La somme des arcs partiels a été trouvée

Par M. Mathieu, de................ 161,902ᵗ.808
Par M. Largeteau, de.............. 161,902ᵗ.83
Par M. Daussy, de................. 161,902ᵗ.83
L'ancienne Commission avait eu..... 161,901ᵗ.534

(Nous avons déjà fait observer que les angles des triangles employés par l'ancienne Commission n'étaient pas tout à fait les mêmes que ceux qui sont imprimés dans l'ouvrage de MM. Biot et Arago et que nous avons adoptés.)

« L'ancienne Commission, après avoir obtenu le nombre précédent 161,901ᵗ.534, l'a ajouté au nombre 543,286ᵗ.4 qui est la distance de Dunkerque à la perpendiculaire de Matas (*Base du système métri-*

que, t. III, p. 268); elle a ainsi trouvé le nombre 705 187ᵗ.934 [1], qu'elle a présenté comme la distance méridienne de Dunkerque au parallèle de Formentera, tandis que c'est seulement la distance de Dunkerque à la perpendiculaire de Formentera. Pour avoir la distance entre les parallèles de Dunkerque et de Formentera, il faut, au nombre ci-dessus, ajouter la longueur de l'arc du méridien de Dunkerque qui est compris entre le parallèle et la perpendiculaire de Formentera. Or, cette longueur, calculée suivant la formule de Delambre, employée par l'ancienne Commission, = 169ᵗ.88. Par conséquent, si cette Commission n'eût pas fait l'omission que nous venons d'indiquer, elle eût dû trouver :

Distance méridienne de Dunkerque à Formentera = 705,357ᵗ.814.

« Si nous voulons estimer l'erreur qui, dans le cas actuel, est due à l'emploi de la formule de Delambre à la distance de Dunkerque à Mont-Jouy = 551,583ᵗ.6, ajoutons la distance de Mont-Jouy à Formentera = 153,674ᵗ.14 (moyenne des quatre résultats obtenus par M. Puissant et par nous) et nous aurons :

Distance méridienne de Dunkerque à Formentera..	705.257ᵗ.74
La formule de Delambre donne..................	705.357 .81
Erreur de la formule de Delambre........	+ 100ᵗ.07

« Maintenant, si l'on se reporte par la pensée au temps où l'ancienne Commission fut chargée de calculer les observations de MM. Biot et Arago, on comprendra facilement que les commissaires durent prendre conseil de l'illustre astronome, dont l'autorité, en matière de géodésie, était et devait être si grande, et qui, alors même, était occupé de la rédaction du IIIᵉ volume de la *Base du système métrique*. Delambre, à l'occasion de la mesure de la méridienne de Dunkerque, à laquelle il a si glorieusement attaché son nom, avait abordé tous les problèmes de la géodésie; il avait, pour chacun d'eux, donné des solutions plus rigoureuses que celles qu'on avait avant lui, et s'était plu à les varier pour en tirer continuellement des moyens de vérification. Dans la question de la rectification d'un arc de méridien, il avait fait usage de plusieurs méthodes et notamment de celle qu'ont suivie MM. Bouvard, Burckhardt et Mathieu : toutes avaient donné des résultats presque identiques; ce qu'il faut, sans aucun doute, attribuer à la direction de la chaîne

1. « Ce nombre est celui que nous trouvons dans les calculs manuscrits de l'ancienne Commission; il diffère de 0ᵗ.84 de celui qui a été publié par M. Delambre et dans la *Connaissance des temps* pour 1810. Nous ignorons la raison de cette différence. »

des triangles mesurés par M. Méchain et par lui, chaîne qui était dans presque toute sa longueur traversée par le méridien de Dunkerque, d'où il résultait que tous les sommets des triangles étaient fort peu éloignés de ce méridien. Le passage suivant servira à faire connaître l'opinion de Delambre sur la méthode de rectification employée par l'ancienne Commission.

« Jusqu'à nous on avait déterminé les parties de la méridienne par des perpendiculaires abaissées des deux extrémités de ceux d'entre les côtés des triangles qui étaient moins inclinés à la méridienne. Cette méthode, la plus simple de toutes, était sujette à plusieurs erreurs dont je donne les corrections. Elles se réduisent à cinq petits termes, dont trois se prennent à vue dans des tables et les deux autres n'emploient que des logarithmes constants ou connus par ce qui précède. Je me suis avisé trop tard de ce moyen, que j'eusse préféré à tous les autres et que j'ai essayé avec succès sur l'arc entre Dunkerque et Bourges, calculé déjà de tant d'autres manières. » (*Base du systeme metrique*, tome III, pages 1 et 2 de l'avertissement.)

« Cette méthode, *la plus simple de toutes*, est précisément celle que la Commission de 1808 a suivie, en ayant égard aux cinq corrections qui devaient lui donner toute la rigueur désirable. Plus loin (page 3 de l'avertissement) Delambre ajoute : « Je recommanderais la méthode des perpendiculaires et celle des cordes comme les plus expéditives sans aucune comparaison, comme celles qui offrent un accord plus grand et plus constant entre toutes les parties de la méridienne et des triangles, enfin comme les seules dont je me servirais en pareille occasion. »

« L'occasion ne tarda pas à se présenter, et l'influence assurément bien légitime de Delambre fit adopter par la Commission sa méthode de prédilection.

« Nous irons au-devant d'une objection, quoique réellement elle ne puisse avoir rien de sérieux pour ceux qui ont mûrement réfléchi sur le système métrique :

« L'erreur de calcul que nous venons de signaler n'apportera-t-elle pas, dira-t-on, quelque modification à la longueur du mètre ?

« La réponse est très-facile.

« La longueur du mètre a été fixée d'une manière définitive par la Commission des poids et mesures : cette longueur ne pourra ni ne devra jamais être changée.

« Le principal mérite de l'unité nouvelle consistait dans les opérations très-précises qu'on exécuta pour donner les moyens de la

retrouver si les étalons venaient à se perdre ou à être détruits. Ces moyens sont de deux sortes : le pendule et la longueur de l'arc du méridien qui joint Dunkerque et Mont-Jouy. Quant au rapport simple qu'on essaya d'établir entre le mètre et le quart du méridien, tous les savants durent comprendre dès l'origine que ce rapport serait jusqu'à un certain point hypothétique ; qu'il impliquait la parfaite exactitude de la mesure de l'arc du Pérou et la connaissance de l'aplatissement : que des opérations exécutées avec de meilleurs instruments pourraient bien montrer que le mètre adopté n'était pas rigoureusement la dix-millionième partie du quart du méridien ; qu'en un mot le nouveau système porterait, en naissant, l'empreinte de l'état de la science contemporaine sur la question de la grandeur et de la figure de la Terre. Malgré ces petites incertitudes, on ne renonça pas au projet de faire du mètre une partie aliquote du quart du méridien, car c'était le seul moyen de donner à cette mesure de longueur un caractère de généralité dont pussent s'accommoder toutes les nations du monde.

« Si jamais on avait eu l'étrange pensée de faire varier l'unité de longueur au fur et à mesure des progrès de la géodésie, on aurait été contraint de l'abandonner en voyant tant de mesures des méridiens et des parallèles manifester des irrégularités locales très-considérables et prouver que le globe en masse n'est pas un solide de révolution. L'opération dont nous venons de calculer les résultats (la mesure de l'arc compris entre Mont-Jouy et Formentera), celles qu'on a faites depuis en France, en Angleterre, en Allemagne, en Danemark, dans l'Inde, n'ont eu et ne pouvaient avoir pour objet que l'étude délicate et importante de la figure de la Terre. Le mètre était hors de question : sa longueur, nous le répétons, a été fixée d'une manière absolue, définitive ; les progrès de la géodésie, quelque grands qu'ils puissent être, n'y changeront rien : seulement et au besoin ils fourniraient de nouveaux moyens d'en retrouver la longueur.

« Si l'erreur commise dans l'évaluation de l'arc du méridien de Dunkerque compris entre les parallèles de Mont-Jouy et de Formentera doit être, relativement à la valeur du mètre, regardée comme indifférente, il n'en est pas ainsi quant à la connaissance exacte de la figure du globe que nous habitons, et nous devons dire, à cette occasion, que M. le colonel Puissant a rendu un véritable service à la géodésie en dévoilant une erreur de calcul qu'il était important de connaître et qui eût pu rester longtemps inaperçue.

« En résumé, la Commission de 1808 a fait une application exacte de la formule de Delambre, mais elle n'a pas eu égard à la dis-

tance entre le parallèle de Formentera et le pied de sa perpendiculaire. La formule de Delambre, qui suppose le parallélisme des méridiens, n'est pas applicable à des triangles qui, comme ceux de MM. Biot et Arago, sont très-éloignés du méridien. Cette formule donne, pour l'intervalle entre les parallèles de Mont-Jouy et de Formentera, une distance trop grande de 100 toises; d'une autre part, l'omission faite par la Commission de 1808 a causé une erreur en sens contraire de 170 toises, en sorte qu'en définitive l'arc obtenu par la Commission de 1808 est trop petit de 70 toises. »

Ce nouveau rapport du Bureau des longitudes est de nature à dissiper toutes les incertitudes et à effacer les divergences d'opinions des astronomes ou des géomètres qui se sont occupés de la question. M. Puissant s'y est rallié, sauf sur un point de peu d'importance, que je dois cependant mentionner.

« La Commission actuelle du Bureau des longitudes, a dit M. Puissant, a parfaitement opéré; je veux seulement faire observer que la formule de Delambre, rapportée page 4 du tome III de la *Base du système métrique* et taxée d'inexactitude, lorsqu'on en fait usage pour projeter les côtés des triangles éloignés de la méridienne de Dunkerque, est encore très-exacte quand on a soin d'évaluer convenablement les azimuts z et les angles x de convergence, ainsi que paraît l'avoir fait un des commissaires actuels. M. Puissant ajoute qu'on devait d'autant moins se tromper à cet égard, que la démonstration de la formule, qui repose sur les principes les plus élémentaires de la trigonométrie sphérique, se trouve précisément à la page 3, et que Delambre conseille de calculer séparément z et x, lors même que la méridienne traverse les triangles (*Astronomie*, t. III, p. 548). Enfin, il déclare qu'il persiste à croire que cet illustre et scrupuleux astronome n'a été pour rien dans l'erreur qui avait été commise par la Commission de 1808; son opinion est fondée, non sur ce que Delambre a pu recommander à cette Commission, relativement au développement de l'arc compris entre Mont-Jouy et Formentera, mais sur ce qui est écrit et démontré si simplement dans la *Base du système métrique.* »

L'opinion dont M. Puissant s'est déclaré l'avocat n'a absolument rien de neuf. M. Largeteau a dit, en effet,

dans son rapport que la formule de Delambre est exacte; c'est même à l'aide de cette formule que M. Mathieu, un des commissaires, a exécuté ses calculs définitifs. Toute la question est de savoir si l'ancien secrétaire de l'Académie avait imaginé à tort qu'on pouvait se dispenser d'avoir égard constamment à la convergence des méridiens. Or, il résulte des divers passages de la *Base du système métrique* cités par M. Largeteau, il résulte des instructions manuscrites qui servirent de guide à la Commission de 1808 que Delambre croyait suffisant, dans le calcul des parties de l'arc, de supposer les méridiens parallèles. Ceci une fois établi, je ne vois pas sur quoi pourrait désormais porter la discussion. Des citations empruntées au *Traité d'astronomie* sont évidemment sans valeur, puisque ce traité parut longtemps après l'achèvement du travail de la Commission de 1808.

La mesure de la méridienne de France, déjà si importante, devait prendre un rang tout à fait exceptionnel dans l'histoire des sciences, si elle pouvait être rattachée à la belle triangulation exécutée en Angleterre. Le projet d'effectuer la jonction des deux opérations géodésiques a été mis à exécution en 1821 et 1822. Il m'a été donné encore de prendre part à cette œuvre de perfectionnement pour la partie septentrionale de l'arc méridien, comme je l'avais fait douze ans auparavant pour la partie la plus méridionale. J'eus alors pour collaborateurs MM. Colby, Kater et Mathieu. Le compte rendu de nos observations a été fait au Bureau des longitudes dans les séances des 7 novembre 1821 et 23 octobre 1822. Les triangles qui ont servi à effectuer la jonction sont donnés dans l'*Astro-*

nomie populaire (t. III, p. 314, fig. 275). Les latitudes de Dunkerque et de Barcelone ont d'ailleurs été vérifiées de nouveau en 1818 avec toutes les précautions que comportent ces sortes de mesures, c'est-à-dire en ayant recours à des observations faites au nord et au sud du zénith au moyen d'étoiles d'un éclat à peu près égal et situées à peu près à la même hauteur.

Les observations du pendule que j'ai faites en 1808 à Formentera, de concert avec M. Biot, ont été rapportées plus haut. J'ai dit, dans mon traité d'*Astronomie populaire* (liv. XXIII, chap. XII, t. IV, p. 46 à 70), l'importance de ce genre de mesures pour établir la forme et la constitution de notre globe, et j'ai indiqué les diverses modifications que j'avais imaginées dès 1806 (séance du Bureau des longitudes du 16 août de cette année) pour éviter les erreurs auxquelles on est exposé dans la mesure de la longueur du pendule invariable en suivant la méthode de Borda. J'ai aussi rapporté la constatation de ce fait que je fis connaître au Bureau des longitudes le 17 juillet 1816, à savoir qu'en amenant le plan dans l'appareil de Borda, tangentiellement à la boule du pendule oscillant, il faut prendre garde de ne pas soulever cette boule; le fil, en effet, se raccourcit à l'instant et ne reprend pas sa longueur primitive lorsque le plan s'éloigne.

M. le capitaine Kater a fait à Londres, pour déterminer la longueur du pendule simple, un travail qui est un véritable modèle d'exactitude. Il était donc intéressant de comparer les résultats que la méthode de Borda avait donnés en France avec ceux qu'un procédé entièrement différent avait fournis au savant physicien anglais que je

viens de citer, et cela par une observation immédiate et sans rien supposer sur la valeur de l'aplatissement : tel a été l'objet d'une série d'expériences que j'ai faites d'après les ordres du Bureau des longitudes, à Paris et à Greenwich, et auxquelles M. de Humboldt, par amitié pour moi, a bien voulu s'associer. Nous avons d'abord déterminé à l'Observatoire de Paris, en octobre 1817, le nombre d'oscillations que deux pendules invariables en cuivre, construits par Fortin, font en un jour sidéral. Dans le mois de novembre suivant, m'étant réuni avec M. Biot à Londres, nous obtînmes de M. Pond, astronome royal à Greenwich, qui se prêta à tous nos désirs avec la plus grande complaisance, la permission d'établir les appareils dans une des salles de l'Observatoire dont il a tant accru la réputation. De retour à Paris, nous déterminâmes de nouveau, M. de Humboldt et moi, en janvier, mars et août 1818, le nombre d'oscillations de nos pendules, pour nous assurer que, dans la route, ils n'avaient éprouvé aucun dérangement. Voici quels ont été nos résultats :

Premier pendule à Paris.

Dates	Température centigrade.	Nombre d'oscillations infiniment petites.	Nombre d'oscillations conclu pour 10° centigr.	Baromètre.
				mill.
14 octobre 1817.	13° .1	87669.50	87671.78	763.7
15 —	13 .6	87670.30	87672.34	759.4
16 —	12 .9	87670.08	87672.32	755.4
17 —	13 .0	87670.30	87672.50	757.1
19 —	11 .8	87670.10	87671.82	756.3
20 —	11 .7	87670.42	87671.67	758.3
4 janvier 1818 (après notre retour)	4 .9	87675.98	87672.13	751.7
5 *idem.*	4 .4	87677.60	87673.54	752.4
Moyennes.	10 .7		87672.33	756.8

Premier pendule à Greenwich.

21 novembre 1817.	9°.2	87684.12	87683.53	757.2
22 —	8 .4	87684.72	87683.54	767.1
22 —	8 .75	87683 24	87682.32	767.0
24 —	8 .6	87684.31	87683.28	755.1
25 —	6 .5	87687 54	87684.97	757.5
25 —	6 .4	87688.22	87685.57	757.5
Moyennes.	8 .0		87683.87	760.2

Second pendule à Paris.

23 octobre 1817.	11°.75	87030.36	87031.66	754.7
24 —	11 .6	87031.08	87032.26	755.4
24 —	11 .7	87032.16	87033.41	755.4
24 —	11 .8	87032.22	87033 54	755.2
25 —	11 .2	87032.22	87033.10	755.0
26 —	10 .9	87031.98	87032.64	755.6
11 mars 1818.	9 .25	87034.66	87034.11	751 1
12 —	8 .65	87036.14	87035.15	738.8
12 août	24 .15	87023.04	87033.44	755.7
13	24 .05	87024.08	87034.41	757.5
Moyennes.	13 .5		87033.37	753.4

Second pendule à Greenwich.

27 novembre 1817.	8°.3	87044 06	87042.81	764.5
28 —	8 .5	87044.20	87043 10	764.5
28 —	8 .9	87044.44	87043.66	764.5
29 —	9 .7	87044.08	87043.86	759.2
Moyennes.	8 .9		87043.36	763.2

Les résultats, qui dans le tableau précédent portent la même date, ont été fournis par des séries faites le même jour ; mais ces séries doivent être considérées comme entièrement distinctes, puisque, dans l'intervalle compris entre la fin de l'une d'elles et le commencement de la suivante, et pendant que le pendule était en repos, on a tou-

jours vérifié de nouveau l'horizontalité du plan de suspension. M. Biot a participé seulement aux observations du premier pendule faites à Greenwich les 21 et 22 novembre 1817.

Le premier pendule, comme on le voit dans le tableau, faisait à Greenwich 11.54 oscillations de plus qu'à Paris en un jour sidéral. Pour le second pendule, la différence est 9.99. Ces nombres, réduits en secondes et corrigés des effets de la densité de l'air, deviennent respectivement $11^s.50$ et $10^s.08$. La moyenne, ou $10^s.79$, serait donc, d'après nos observations, la quantité dont un pendule réglé à Paris sur le temps sidéral avancerait à Greenwich en 24 heures. On déduit aisément de ce résultat que la différence de longueur entre deux pendules simples, qui feraient respectivement 86,400 oscillations en un jour moyen, à Paris et à Greenwich, doit être égale à $0^{mill.}.249$.

D'après les observations de M. Kater, faites à Londres par 51° 31′ 8″ de latitude, la longueur du pendule simple à Greenwich, dont la latitude = 51° 28′ 40″, serait $0^m.9941162$. Si l'on retranche $0^{mill.}.249$ de ce nombre, la différence $0^m.993867$ exprimera la longueur du pendule simple à Paris, déduite des observations de M. Kater et de celles que nous avons faites, M. de Humboldt et moi, avec deux pendules invariables. Borda avait trouvé pour cette longueur $0^m.993827$; MM. Bouvard, Biot et Mathieu donnent $0^m.993845$. La moyenne de ces déterminations = $0^m.993836$, et diffère conséquemment du résultat que nous avons tiré des observations de M. Kater de $0^m.000031$.

En calculant la différence de longueur entre les pen-

dales de Londres et de Greenwich, j'ai supposé que les deux stations étaient à la même hauteur au-dessus de la mer. Cette supposition est probablement inexacte, mais je ne saurais dire maintenant de combien. Si, comme je le crois, Greenwich est plus élevé que la maison de Portland-Place où M. Kater a opéré, le nombre 0^{m}.994116 devrait être un peu diminué, ce qui réduirait d'autant la différence de 0.03 de millimètre qui existe entre le pendule sexagésimal déterminé à Paris et celui que j'ai déduit des mesures de M. Kater. Cette correction, au reste, ne porterait que sur les millièmes de millimètre et peut être négligée.

Pour réduire le nombre d'oscillations de chaque pendule à la température de 10° centigrades, j'avais d'abord cherché la valeur de la dilatation qui accordait à Paris les observations du pendule n° 1, faites aux températures les plus éloignées, et j'en avais déduit toutes les autres corrections. Si l'on recommence ce calcul, en employant la dilatation du cuivre donnée par MM. Laplace et Lavoisier, on trouve, d'après le premier pendule, qu'une horloge sidérale réglée à Paris ferait à Greenwich 11^{s}.18 de plus en un jour sidéral. Le second pendule ne donne que 9^{s}.86; la moyenne serait 10^{s}.52 au lieu de 10^{s}.79 que nous avons trouvé plus haut. Si l'on adoptait cette moyenne, il en résulterait quelques millièmes de millimètre de plus dans l'expression de la différence des pendules sexagésimaux de Londres et de Paris.

En résumé, la longueur du pendule sexagésimal de Paris, donnée par Borda, est la plus petite de toutes.

La valeur que MM Bouvard, Biot et Mathieu ont obte-

que la surpasse de 0.02 de millimètre; celle-ci, à son tour, est inférieure de la même quantité à la détermination déduite de la mesure de M. Kater.

Il serait peut-être difficile de décider maintenant laquelle de ces trois déterminations doit être préférée. Il faudrait pour cela entrer dans une discussion détaillée sur les erreurs dont, suivant moi, les mesures du pendule absolu peuvent être affectées, alors même que les déterminations partielles présentent entre elles l'accord le plus parfait: mais je n'ai plus ici la place nécessaire. Je me contenterai donc, pour le moment, de déclarer que les appareils dont nous nous sommes servis pour déterminer la différence entre les longueurs des pendules de Londres et de Paris ont pu, à notre avis, ne nous donner cet élément qu'à 15 millièmes de millimètre près, non pas à cause de quelque défaut inhérent à la méthode que nous avons employée, mais seulement à raison des circonstances défavorables dans lesquelles ont été faites plusieurs de nos opérations. Pour indiquer une de ces circonstances, nous dirons, par exemple, qu'à défaut d'un local plus convenable, nous dûmes faire nos observations à Greenwich dans la salle où se trouve l'instrument des passages. Nos lunettes étaient dans un couloir que l'on traversait continuellement pour le service de l'Observatoire; nous ne pouvions pas, conséquemment, compter sur leur immobilité. Or, comme il fallait chaque matin, et même quelquefois entre une série et la suivante, ajuster de nouveau nos mires, nous étions obligés d'arrêter fort souvent l'horloge des coïncidences et de déduire son mouvement diurne de comparaisons séparées par de courts inter-

valles, circonstance d'autant plus défavorable qu'à cette époque l'horloge de Greenwich ne marchait pas avec toute la régularité désirable. Ce qui prouve, du reste, hors de toute contestation, que les petites discordances qu'on remarque dans les observations tiennent à des causes de ce genre, c'est que les résultats de M. de Humboldt ont été constamment d'accord avec les miens.

MÉMOIRE

SUR

LES CERCLES RÉPÉTITEURS [1]

La détermination de la distance angulaire des astres à l'équateur est à la fois une des plus importantes et des plus difficiles recherches qu'un observateur puisse entreprendre; aussi a-t-elle été de tout temps l'objet des travaux des astronomes et des artistes les plus célèbres. Tout le monde connaît, en effet, sans remonter à des temps plus éloignés, les grands instruments que Tycho, le landgrave de Hesse-Cassel et Hévélius firent construire à grands frais pour arriver à ce but. Les observations de ces célèbres astronomes, quoique bien supérieures, sans contredit, à celles que Ptolémée nous a conservées, laissaient cependant encore beaucoup à désirer; les grandes dimensions des secteurs permettaient d'apercevoir sur le limbe de très-petites divisions, mais elles n'ajoutaient que fort peu de chose à l'exactitude de l'observation, car l'erreur du pointé était plus considérable que celle de la lecture.

Les lunettes fournissaient le moyen de remédier au dé-

1. Mémoire publié en novembre 1813 dans la *Connaissance des temps* pour 1816.

faut dont nous venons de parler, puisqu'en agrandissant les angles que sous-tendent les objets éloignés, elles nous font découvrir des espaces qui, à l'œil nu, auraient été insensibles; cependant ces instruments ne furent employés pendant longtemps que dans des observations de simple vision, telles que celles des diamètres des planètes et de leurs phases, celles des configurations des satellites de Jupiter et de leurs éclipses, etc., etc. C'est Simon Morin qui le premier eut l'idée d'adapter une lunette à un instrument divisé; c'est à Picard et Auzout que nous sommes redevables des premières observations précises qui aient été faites avec ces instruments. Cette invention, d'où date l'exactitude de l'astronomie moderne, et qui depuis a été jugée assez capitale pour que les savants anglais aient cru devoir la revendiquer en faveur de leur compatriote Gascoigne, fut, à son origine, rejetée par plusieurs astronomes et entre autres par Hévélius. Ce savant, dont les nombreux travaux avaient été faits avec des pinnules, chercha, malgré les objections de Hooke, à en faire prévaloir l'usage, et la grande réputation dont il jouissait avait déjà fait ranger plusieurs observateurs à son avis. Mais bientôt la mesure de la Terre, de Picard, exécutée en entier avec des instruments de nouvelle construction, vint montrer leur grande supériorité et leva tous les doutes. Il se présente cependant, dans l'usage de ces instruments, une difficulté sur laquelle Hévélius avait beaucoup insisté et qui tient à celle de déterminer avec exactitude la position de l'axe optique de la lunette par rapport aux divisions de l'arc de cercle auquel elle est adaptée. L'ouvrage de Picard renferme la descrip-

tion des divers moyens qui peuvent servir à faire cette rectification; mais le seul qui paraisse susceptible de quelque exactitude est celui du retournement, qui consiste, comme on sait, à observer la même étoile dans deux positions diamétralement opposées de l'instrument; le défaut de parallélisme entre l'axe optique et la ligne de foi influe en sens contraires sur les deux mesures partielles qui diffèrent, par conséquent, l'une de l'autre du double de l'angle que ces deux lignes forment entre elles, c'est-à-dire du double de la quantité que les astronomes désignent par le nom d'erreur de collimation; dans les secteurs on la détermine à l'aide des étoiles situées près du zénith; ensuite la comparaison des observations complètes d'un secteur et des observations partielles d'un instrument immobile donne l'erreur de collimation de ce dernier. Le procédé du retournement exige que l'arc de l'instrument qu'on vérifie s'étende de part et d'autre de la verticale qui passe par son centre; aussi, lorsque l'arc d'un mural a plus de 100 grades (90 degrés), on peut le rectifier comme un secteur en observant la face à l'est et la face à l'ouest. Pour le placer successivement dans ces deux positions, on a fait construire, dans quelques observatoires, des machines ingénieuses, mais dont il est d'autant plus nécessaire de se méfier, qu'il importe beaucoup de répéter fréquemment l'opération, et qu'il est difficile qu'elles n'occasionnent pas quelques secousses. Ne pourrait-on pas faire, au reste, contre les deux méthodes dont je viens de parler, l'objection qu'elles servent à déterminer l'erreur de collimation pour ceux des points de l'instrument dans lesquels

il est le moins nécessaire de la connaître, puisque, dans nos climats, les planètes passent toujours au méridien fort loin du zénith. La distinction que j'établis ici entre les erreurs de collimation des différents points du limbe me semble d'autant mieux fondée que la partie de ces erreurs qui peut dépendre de la flexion de la lumière doit avoir des valeurs très-différentes, suivant que l'astre qu'on observe est plus ou moins élevé et qu'il en est de même de celle qu'on doit attribuer à l'excentricité de la pièce qui supporte le tuyau, tout près du centre de l'instrument.

Si l'on substitue, suivant l'idée de Rœmer, un cercle entier aux secteurs, l'instrument devient plus embarrassant lorsqu'on lui conserve les mêmes dimensions; mais par compensation on se procure la facilité de le retourner, quelle que soit la hauteur de l'astre dont on veut déterminer la position. Tous les astronomes savent que c'est avec un instrument de ce genre que Piazzi a fait les nombreuses et excellentes observations dont les résultats ont été consignés dans son catalogue. On ne doit cependant pas se dissimuler que, dans toutes ces méthodes, l'observateur peut commettre, à son insu, des erreurs de plusieurs secondes, si l'instrument est mal divisé : la plus ou moins grande concordance des résultats partiels lui donnera la mesure des incertitudes qui peuvent provenir de la lecture et du pointé; mais il n'aura aucune donnée sur les valeurs des erreurs constantes dont chacune des observations d'une même étoile pourrait à la rigueur être affectée.

Après avoir indiqué succinctement celles des erreurs

qu'on a à craindre dans les méthodes d'observations qui, jusqu'à ces dernières années, avaient été exclusivement employées dans la recherche des déclinaisons des étoiles. je vais passer à un examen plus détaillé de l'instrument qui fait l'objet spécial de ces remarques.

Tobie Mayer, qui jouit parmi les astronomes et les physiciens d'une réputation si justement méritée, imagina de rendre le cercle et la lunette mobiles et de se procurer par cet artifice, combiné avec celui du retournement, la facilité de transporter l'arc qu'on veut mesurer sur les différents points du limbe, en prenant chaque fois pour point de départ celui où la lunette s'était arrêtée dans l'observation précédente. L'erreur dont le multiple de l'angle peut être affecté dans cette méthode n'est pas plus grande que celle qu'on aurait eu à craindre en ne le mesurant qu'une fois ; mais cette erreur étant divisée, à la fin, par le nombre qui indique combien de fois l'observation a été répétée, peut être atténuée autant qu'on le désire. Mayer aurait, sans doute, tiré un très-grand parti de cette idée ingénieuse, si une mort prématurée ne l'avait enlevé aux sciences qu'il cultivait avec tant de succès ; on assure même qu'il avait déjà fait exécuter un cercle répétiteur, mais il ne paraît pas qu'on en aït fait usage avant l'époque de la jonction des observatoires de Paris et de Greenwich.

Borda fit construire alors, par notre habile artiste Lenoir, un cercle de $0^{m}.4$ qui fut employé concurremment avec de grands quarts-de-cercle dans la formation de quelques-uns des triangles qui joignent les côtes de France et d'Angleterre ; mais c'est surtout pendant la

grande opération de la méridienne de France que ces instruments ont pu être appréciés, à cause de la multitude d'épreuves auxquelles on les a soumis. On sait, en effet, que c'est avec des cercles répétiteurs qu'ont été mesurés les angles de tous les triangles compris entre Dunkerque et Barcelone, les latitudes et les azimuts de ces points extrêmes et de plusieurs stations intermédiaires. Cette grande opération, si importante par son objet, a été exécutée avec toute l'exactitude qu'on était en droit d'attendre de la grande habileté des deux astronomes qui en furent chargés et de la bonté des instruments qu'ils employèrent : elle servira désormais de terme de comparaison à toutes les opérations analogues qu'on pourra faire dans les autres régions du globe; car les petites erreurs dont les latitudes extrêmes peuvent être encore affectées seront beaucoup atténuées lorsqu'on cherchera la valeur du degré moyen, le seul dont on ait besoin dans le calcul de l'aplatissement. Mais dans quelles limites ces erreurs sont-elles comprises, lorsqu'on se sert de petits cercles? S'élèveront-elles quelquefois à 2 ou 3 secondes? Ne faudrait-il pas, par suite, modifier les résultats que, dans la mesure de la Terre, on a déduits de la comparaison d'arcs très-rapprochés? Les discordances que plusieurs de ces mesures ont présentées ne dépendraient-elles pas plutôt des erreurs des observations, que des attractions locales auxquelles on a peut-être trop souvent recours maintenant? Telles sont les questions qu'il serait d'autant plus important de résoudre que naguère on accordait au cercle répétiteur une confiance sans bornes et qui, à la vérité, semblait bien mo-

tivée, puisque les observations nombreuses par lesquelles MM. Delambre et Méchain déterminèrent la latitude de Paris offraient le plus bel accord. L'opération de la méridienne avait elle-même présenté cependant une anomalie extraordinaire et difficile à expliquer; je veux parler de la différence de latitude entre Barcelone et Mont-Jouy que Méchain avait trouvée, par les observations astronomiques, de 3″ plus petite que suivant la mesure géodésique, quoique la distance des deux stations, dans le sens du méridien, soit seulement de 949 toises (1850 mètres).

On pourrait être tenté d'attribuer cette différence à l'attraction que Mont-Jouy aurait exercée sur le fil à plomb pendant les observations de Barcelone; mais un examen attentif des localités ne permet guère de s'arrêter à cette idée : les étoiles situées au nord et au sud présentaient, il est vrai, des erreurs de signes contraires; mais, pour rendre compte de ce résultat, il suffit de supposer que dans l'une des deux stations, à Barcelone, par exemple, un vice caché de l'instrument rendait toutes les distances au zénith trop fortes de 3″ : on voit, en effet, que. par l'étoile septentrionale, la latitude s'obtiendra à l'aide de la formule : latitude = déclinaison — distance au zénith; tandis que, pour l'étoile située au sud, il faudra écrire : latitude = distance au zénith + déclinaison.

Reste à savoir maintenant s'il est possible qu'un cercle bien vérifié donne sur toutes les distances au zénith une erreur constante de 3″. Je vais tout à l'heure rapporter quelques séries qui mettront ceci hors de doute ; mais comme elles ont été faites avec un cercle à niveau fixe, il

sera d'abord nécessaire que je cherche à répondre aux objections que M. le baron de Zach a faites contre ces instruments.

Les deux lettres que ce célèbre astronome a insérées dans la *Bibliothèque britannique* me semblent avoir deux objets bien distincts. Les nombreuses observations que la première renferme prouvent sans réplique que deux instruments différents peuvent donner des latitudes assez inégales, quoique les observations partielles s'accordent très-bien entre elles. Dans la seconde lettre M. de Zach s'est proposé de montrer que les cercles à axe fixe sont très-inférieurs aux cercles à deux lunettes. En théorie cette opinion est fondée, car les mouvements que le limbe peut avoir dans la pince, pendant la seconde partie de chaque double observation, ne sont indiqués par le niveau que lorsque celui-ci est adapté au cercle; mais peut-il exister de semblables mouvements lorsque la pince a une étendue suffisante et que les alidades se meuvent sur le limbe avec un frottement très-doux? Les artistes qui, à cet égard, me semblent les meilleurs juges ne le pensent pas et nous verrons tout à l'heure que l'expérience confirme cette opinion.

M. de Zach paraît encore ne pas approuver la méthode que quelques astronomes ont adoptée de lire et de noter, pendant les observations, les points de l'échelle vers lesquels les deux extrémités de la bulle s'arrêtent, et d'appliquer au multiple de l'angle la somme de toutes les corrections indiquées par ces observations partielles : il pense que la température plus ou moins grande et plusieurs autres circonstances peuvent altérer sensiblement

la valeur des parties du niveau; mais ses craintes à cet égard nous semblent pour le moins bien exagérées; nous nous sommes, en effet, assurés, par des observations multipliées, que les parties d'un niveau qui est travaillé intérieurement conservent à très-peu près la même valeur dans toutes les températures, pourvu toutefois que le tube soit garanti de l'action immédiate des rayons du Soleil[1]! il est d'ailleurs un moyen très-simple d'éviter les petites erreurs que la correction du niveau pourrait introduire dans le résultat final. Il suffit pour cela de placer l'instrument de manière que cette correction soit à peu près nulle à la fin des observations. C'est ainsi, par exemple, que, si l'inspection de la bulle indiquait, pendant les premières mesures, que l'axe est incliné vers le nord, il sera toujours facile, pendant la seconde moitié de la série, de l'incliner vers le sud d'une quantité à peu près égale, en sorte que les corrections positives du niveau, qui correspondent à la première position de l'axe, soient presque entièrement détruites par les corrections négatives de la fin; il serait inutile, au reste, de chercher à obtenir à cet égard une compensation parfaite, puisque la différence des deux corrections n'affectant que le multiple de la distance au zénith, sera ensuite beaucoup diminuée lorsqu'on la divisera par le nombre qui indique combien de fois l'observation a été répétée.

1. Le 22 septembre 1812 et par une température de 26° centigrades nous avions trouvé, M. Mathieu et moi, que la valeur de chacune des parties du niveau qui est adapté au cercle de Reichenbach était égale à 0″.754; et le 22 janvier 1813 le thermomètre étant à 2° au-dessous de zéro, à côté du niveau, la valeur des mêmes parties s'est trouvée être de 0″.770.

Je viens d'indiquer les deux principales objections sur lesquelles paraît se fonder l'opinion défavorable que M. de Zach a donnée des cercles à axes fixes, sa première Lettre ayant déjà montré que les cercles à axe mobile conduisent quelquefois à des résultats inexacts; il ne pouvait motiver la préférence marquée qu'il leur accorde qu'en montrant que du moins les résultats partiels auxquels on arrive avec ces derniers instruments présentent des écarts moins grands que ceux qui se rencontrent dans les observations faites avec les autres cercles. C'est effectivement là le but que M. de Zach s'est proposé dans la seconde Lettre dont nous avons déjà parlé; mais pour rendre cette discussion bien concluante, il aurait été nécessaire, ce me semble, de ne comparer entre elles que des observations faites dans les mêmes circonstances, et surtout par la même personne. Les séries des cercles à niveau mobile, dont M. de Zach a enrichi ses deux Lettres, ont été faites par lui; aussi, elles présentent le plus bel accord et peuvent servir à fixer les limites de la précision à laquelle on peut atteindre avec cette classe d'instruments : mais en est-il de même des observations faites avec des cercles à niveau fixe, que M. de Zach compare aux premières, et ne doit-on pas craindre que les erreurs qu'il attribue à l'instrument ne proviennent seulement des erreurs de l'observation? En attendant que cette question soit entièrement éclaircie, je vais extraire de la mesure de la méridienne d'Espagne deux séries d'observations de la Polaire, faites avec des cercles à niveau fixe, et qui montreront, j'espère, que ces instruments, comme les cercles ordinaires, donnent

aussi quelquefois des résultats qui s'accordent bien entre eux.

Passage inférieur de la Polaire.

		Latitude de Formentera.
29 décembre 1807.	100 observ.	38° 39′ 54″.74
4 janvier 1808.	120	56 .71
10 — —	100	56 .15
11 — —	102	56 .60
	Moyenne.......	38° 39′ 56″.05

Pendant cette première série, l'étoile ne se voyait pas aussi nettement que je l'aurais désiré; plusieurs circonstances particulières, qu'il serait inutile de rapporter ici, m'avaient empêché d'amener l'objectif dans la position que je jugeais la plus favorable; mais le 25 janvier 1808 je fis cette correction et je commençai la série suivante de passages inférieurs. Les nouvelles observations, calculées avec la même déclinaison que les premières, ont donné, jour par jour, les résultats suivants. (Il est inutile de dire qu'on n'a supprimé aucune série.)

Passage inférieur de la Polaire.

		Latitude.
25 janvier 1808.	88 observ.	38° 39′ 53″.33
28 —	90	53 .88
29 —	88	54 .13
30 —	92	53 .97
1er février	42	53 .81
2 mars	90	54 .32
6 —	80	53 .93
	Moyenne.......	38° 39′ 53″.91

On voit par là que le plus grand écart des résultats partiels autour de la moyenne s'élève une seule fois

à 0″.6 et que le cercle à axe fixe, comme le cercle mobile, conduit à des résultats bien concordants. Il en résulte, par conséquent, que les craintes qu'on pouvait avoir sur les mouvements de la pince qui joint le limbe à l'axe ne seraient pas fondées et que les changements de verticalité sont indiqués par le niveau avec toute l'exactitude nécessaire; la comparaison des deux groupes d'observations du passage inférieur montre de plus que l'accord des mesures partielles ne donne aucunement la certitude que la moyenne soit la vérité, et que, dans le même instrument, on a obtenu, par un léger changement dans la position de l'objectif, des résultats moyens qui diffèrent l'un de l'autre de 2 secondes sexagésimales. Ces anomalies se sont également présentées à Paris, pendant un travail que nous avions entrepris en commun, MM. de Humboldt, Mathieu et moi

Le cercle de Fortin, à axe fixe, avec lequel nous observions, en 1809, les déclinaisons des étoiles qui passent au sud, avait donné avec exactitude l'obliquité de l'écliptique et la position des équinoxes d'automne et de printemps; les séries partielles présentaient entre elles un accord très-satisfaisant; mais en nous servant de ce même instrument pour observer la latitude, nous ne tardâmes pas à découvrir que les erreurs auxquelles on est exposé avec les petits cercles sont beaucoup plus considérables qu'on n'aurait voulu le croire. C'est ainsi, par exemple, que plusieurs groupes d'observations bien concordantes nous ont donné pour latitude depuis 11″ jusqu'à 15″. Pour obtenir des résultats aussi éloignés, il nous suffisait d'enfoncer ou de retirer l'objectif d'une

petite quantité, ou, en d'autres termes, de rendre l'image de l'étoile plus ou moins bien terminée. La loi de ces changements était d'ailleurs tellement régulière qu'à la seule inspection de l'allonge mobile qui porte l'objectif, chacun de nous pouvait dire d'avance à quelle latitude il arriverait. Les observations ne nous donnaient la véritable latitude de Paris que lorsque l'étoile était un peu large, c'est-à-dire dans la situation de l'objectif pour laquelle nous aurions dû plutôt nous méfier de nos mesures. Du reste, ces changements de forme ou d'étendue dans l'image de l'astre ne produisaient pas des erreurs égales dans les résultats des séries de chaque observateur, ce qui nous a semblé tenir à la manière dont chacun de nous avait l'habitude d'éclairer les fils.

Il serait peut-être assez difficile de donner une explication complète des anomalies que je viens d'indiquer; mais les circonstances qui les ont accompagnées nous autorisent à les attribuer uniquement au changement de forme de l'astre[1]. Les observations astronomiques ont démontré que les diamètres réels des étoiles sont au-dessous d'une seconde de degré : dans la plupart des

1. Il n'est peut-être pas inutile de remarquer que nous avons reconnu, par des expériences dont les détails ne sauraient trouver place ici, que les erreurs dont il s'agit n'ont dépendu ni d'une excentricité dans le collet qui supporte la lunette, ni d'un temps perdu dans la vis qui sert à la faire glisser sur le limbe. Les instruments qui ont servi à ces épreuves sont sortis des ateliers de Lenoir et de Fortin; l'habileté bien reconnue de ces artistes nous assurait d'avance que nous n'avions pas à craindre de semblables défauts de construction; mais je n'oserais pas affirmer que, dans d'autres circonstances, ces mêmes causes n'ont pas produit les erreurs que les cercles ont présentées.

instruments ces astres paraissent sous-tendre des angles plus grands, mais ceci tient évidemment à un défaut de la vision : or, peut-on regarder comme une chose bien certaine que, dans toutes les circonstances, le centre de l'image réelle et celui de l'image apparente coïncideront? Nos observations, du moins, semblaient prouver le contraire. Il est vrai qu'à mesure que le grossissement augmente, le diamètre apparent de l'étoile diminue; les rayonnements irréguliers et la fausse lumière dont l'image est enveloppée dans une lunette ordinaire disparaissent presque entièrement lorsqu'on se sert d'un pouvoir amplificatif un peu considérable ; par suite, dans ce dernier cas, les erreurs constantes de pointé auxquelles on pourrait être exposé seront sensiblement plus petites que celles qu'on aurait à craindre avec une lunette ordinaire.

Si la cause dont nous croyons pouvoir faire dépendre les erreurs que nous avons remarquées a quelque fondement, les grands cercles répétiteurs auront des avantages très-réels sur les petits instruments du même genre. Ces derniers, si précieux dans un voyage, présentent d'ailleurs dans un observatoire fixe plusieurs inconvénients : car pour arriver aux secondes, par exemple, il est nécessaire d'accumuler les répétitions et d'employer, par conséquent, beaucoup de temps à chaque mesure : on sait d'ailleurs que l'observation des étoiles situées près du zénith et de celles qui passent au méridien de jour présente beaucoup de difficultés, etc. Ces considérations, et plusieurs autres dont il est inutile de faire ici l'énumération, pouvaient faire désirer de voir

le principe de la répétition des angles appliqué à un instrument de dimensions suffisantes. C'est à M. le comte Laplace que les astronomes de Paris seront redevables de l'accomplissement de ce vœu : le grand géomètre qui, par ses travaux analytiques, a porté les tables de la Lune, des planètes et des satellites à un si haut degré de perfection, ne se voyait pas sans regret obligé de renoncer aux brillantes espérances que l'instrument de Mayer et Borda avait fait concevoir pour les progrès futurs de l'astronomie pratique : aussi, à peine a-t-on soupçonné que la petitesse de ses dimensions était la cause des anomalies qu'il présentait, que M. Laplace s'est empressé de faire construire à ses frais, par M. Reichenbach, de Munich, un cercle d'un mètre de diamètre, dont il a fait don à l'Observatoire impérial [1].

1. M. Laplace aurait bien désiré trouver dans les ateliers de nos artistes les moyens de remplir promptement ses vues ; mais malheureusement on s'était uniquement occupé jusqu'à ces derniers temps de la construction des cercles de petits diamètres, d'après l'idée, en apparence très-plausible, que les grandes dimensions, dans cette classe d'instruments, ne pouvaient que nuire à l'exactitude des mesures. Du reste, les éloges mérités que nous donnons aux travaux de M. Reichenbach ne nous rendront pas injustes envers les deux habiles artistes français qui fournirent à la Commission des poids et mesures les nombreux et excellents instruments d'astronomie et de physique dont elle eut besoin. On sait, en effet, que les règles métalliques avec lesquelles M. Delambre a mesuré les bases de Melun et de Perpignan ; les appareils qui ont servi à déterminer la valeur du gramme ; les cercles répétiteurs qu'on a employés dans la partie géodésique de l'opération de la méridienne et dans la mesure des latitudes, sont sortis des ateliers de MM. Lenoir et Fortin. Le célèbre astronome que nous venons de nommer a déjà trouvé dans la *Base du système métrique* l'occasion de citer avec éloge ces différents travaux. Si, après une autorité d'un aussi grand poids, mon suffrage pouvait être de quelque

Les instruments à axe fixe présentent de grands avantages à cause de l'indépendance presque absolue des alidades et des moyens que M. Reichenbach a employés, tant pour diminuer les frottements des cercles sur les axes et prévenir les effets de l'excentricité, que pour s'opposer à la flexion de la lunette. Les artistes, mieux que personne, sauront apprécier la grande perfection de main-d'œuvre que suppose la construction de deux cercles d'un mètre de diamètre, et qui, tournant autour

intérêt, je dirais qu'admis à visiter les ateliers de ces deux artistes, j'ai été à même de m'assurer qu'ils ont apporté, soit dans le tracé de la division, soit dans la construction et la disposition des diverses pièces dont les cercles se composent des modifications qui rendent leurs instruments très-dignes de la réputation dont ils jouissent.

Je ne laisserai pas non plus échapper cette occasion de donner de justes éloges à M. Lerebours. Cet habile artiste n'a épargné ni peines ni dépenses pour nous affranchir d'un tribut que la France, comme toutes les autres nations de l'Europe, payait depuis longtemps aux opticiens anglais. Ses travaux ont déjà été l'objet d'un rapport que nous avons fait à l'Institut, MM. Delambre, Bouvard et moi ; mais le Bureau des longitudes ayant depuis fait l'acquisition pour l'Observatoire d'une des treize lunettes astronomiques qui nous avaient été présentées, nous avons eu, pendant deux années consécutives, la facilité de la soumettre à des épreuves de tous les genres. Or, cette longue expérience nous a non-seulement confirmés dans l'opinion avantageuse que nous en avions déjà donnée ; mais elle nous permettra, de plus, d'assurer que les lunettes de Lerebours sont supérieures aux divers instruments anglais de Dollond qu'on possède à Paris, et nous pourrions même dire aux meilleures lunettes semblables dont il est parlé dans les ouvrages d'optique et d'astronomie que nous avons consultés. Pour que cette dernière assertion ne paraisse pas exagérée, il nous suffira d'ajouter que plusieurs des nouveaux instruments supportent très-bien sur le ciel des grossissements de 600 fois, sans qu'il soit nécessaire de diminuer leur ouverture, qui est de $0^{m}.09$ et quoique leur distance focale soit seulement de $1^{m}.7$.

d'un même axe, sont si parfaitement concentriques, qu'à peine on aperçoit le petit intervalle qui les sépare. L'exactitude de la division, la netteté du tracé, la sensibilité des niveaux, la bonté de la lunette, etc., justifient entièrement les éloges qu'on a donnés, en Allemagne, aux ouvrages de M. Reichenbach.

Nous allons rapporter maintenant les séries que nous avons faites, tant de jour que de nuit, pour mesurer la latitude de Paris et les résultats des observations du Soleil. Les notes qui accompagnent chaque série sont relatives aux circonstances atmosphériques et mettront le lecteur à même de juger de la confiance qu'elles méritent. Aucun résultat n'a été supprimé, quoique souvent nous ayons observé par des temps très-défavorables. Les séries ont été faites, tantôt par M. Mathieu, tantôt par moi ; celui qui ne visait pas à l'étoile suivait la marche du niveau, depuis le commencement jusqu'à la fin, et en tenait note. Je ne dois pas oublier d'ajouter que les calculs de toutes les réductions ont été faits par M. Mathieu, avec le soin et l'exactitude qu'il apporte dans tous ses travaux.

Passage supérieur de la Polaire.

Jours.	N.	Latitudes.	Circonstances atmosphériques.
12 janv.	12	48°50′15″.09	Beau ciel. Étoile large. Le fil n'est pa au foyer de l'objectif.
24	10	13 .26	Beau ciel. Fil noyé dans la lumière de l'étoile.
7 févr.	12	14 .54	Quelques nuages. On a bien vu pendant ces observations.
11	16	13 .19	Beau ciel. Vapeur blanchâtre, étoile un peu faible.

19 fév.	18	48° 13′.70″	Beau ciel. Vapeurs très-légères, étoile parfois ondulante.
21	16	14 .98	Vapeurs blanchâtres. Étoile faible et un peu ondulante.
20 avril	10	14 .51	Des vapeurs interrompent la série. Étoile faible vers la fin.
1er mai	10	15 .27	Quelques petits nuages. Étoile un peu ondulante.
2	12	14 .52	Vapeurs blanchâtres. Étoile très-ondulante.
3	12	15 .06	Vapeurs blanchâtres. Étoile très-faible.
6	14	14 .69	Vapeurs légères, quelques nuages pommelés.
7	10	14 .83	Vapeurs blanchâtres. Étoile faible et un peu ondulante.
12 juill.	10	15 .67	Beau ciel. Étoile grande, faible et mal terminée.
14	16	15 .28	Beau ciel. Étoile brillante, petite et un peu ondulante.
19	12	13 .31	Beau ciel. Étoile ondulante et mal terminée.
18 août	10	13 .83	Très-beau ciel. Étoile grande et un peu ondulante.
23	10	13 .17	Beau ciel. Étoile excessivement grande et très-ondulante.
4 sept.	10	13 .94	Beau ciel. Vent est très-faible.
8	10	16 .50	Beau ciel. On a quelque peine à voir le fil sur l'étoile.
9	12	14 .64	Beau ciel. Étoile grande, tranquille et bien terminée.
7 févr.	10	12 .00	Légères vapeurs. Étoile ondulante.
28 mars	10	12 .35	Vapeurs très-légères. Étoile large et ondulante par moments.
29	10	13 .21	Quelques nuages. Étoile très-petite et ondulante par moments.
8 avril	10	13 .50	Vapeurs extrêmement légères. Étoile petite et tranquille.
9	10	13 .52	Quelques petits nuages. Étoile petite.
11	10	13 .03	Beau ciel. Étoile petite et ondulante.
Moyenne.		48° 50′ 14″.138	

La première série, qui est du 12 janvier 1812, et les séries des 18 et 23 août, 4, 8 et 9 septembre de la même année ont été faites de nuit; toutes les autres ont été faites de jour. La série du 12 juillet est la première qui ait été faite en regardant de côté, au moyen d'un prisme qu'on a adapté à l'oculaire et qu'on a toujours laissé depuis cette époque. Jusqu'alors on avait regardé directement, ce qui était incommode pour les étoiles un peu hautes, et ce qui devenait absolument impraticable pour les étoiles qui passent près du zénith.

Passage inférieur de la Polaire.

Jours.	N.	Latitudes.	Circonstances atmosphériques.
11 févr.	16	48°50′13″.79	Beau ciel. On a quelque peine à voir le fil sur l'étoile.
14	16	13 .38	Beau ciel. Vent sud assez fort.
20	18	13 .27	Beau ciel. Vent sud-est faible.
5 avril	12	15 .61	Ciel assez beau. Étoile grande, ondulante et diffuse.
9	14	15 .78	Beau ciel.
11	12	14 .36	Beau ciel. Le fil est noyé dans la lumière de l'étoile.
30	10	14 .40	Beau ciel.
2 mai	16	13 .17	Beau ciel. Étoile large et difficile à observer.
6	10	15 .65	Beau ciel. On voit difficilement le fil sur l'étoile.
7	10	13 .32	Beau ciel. Étoile tranquille, mais fort grande.
14 juill.	14	12 .78	Beau ciel. Vent N.-N.-E très-fort et très-incommode.
15	10	12 .48	Vapeurs blanchâtres. Étoile faible.
25	16	11 .70	Beau ciel. Étoile un peu ondulante.
13 août	14	12 .82	Quelques nuages. Étoile ondulante par moments.
14	10	12 .52	Quelques petits nuages. Étoile ondulante.

18 août	8	48° 12′ .73″	Beau ciel. Étoile faible et ondulante.
22 sept.	10	12 .79	Ciel un peu vaporeux. Étoile ondulante par moments.
29 oct.	10	12 .38	Ciel idem. Étoile bien d'abord, large et ondulante à la fin.
Moyenne.		48° 50′ 13″.496	

Passage supérieur..............	48° 50′ 14″.138
Passage inférieur..............	48 50 13 .496
Latitude du cercle.............	48 50 13 .82
Réduction à la face méridionale..	— 0 .66
Latitude de la face méridionale de l'Observatoire............	48° 50′ 13″.16

Les dix premières séries ont été faites de nuit et sans prisme, et les huit autres, de jour et avec le prisme ; elles sont toutes de l'année 1812.

Plus grande élongation occidentale de la Polaire.

Jours.	N.	Distance du zénith au pôle.	Circonstances atmosphériques.
14 juill.	14	41° 9′ 44″.63	Légères vapeurs. Étoile cachée parfois par de petits nuages.
15	12	44 .64	Beau ciel. Étoile assez brillante, mais parfois ondulante.
19	14	44 .40	Beau ciel. Étoile très-ondulante.
10 août	10	44 .37	Ciel vaporeux. Petits nuages. Étoile faible.
11	8	44 .14	Ciel nuageux. Étoile excessivement faible.
20	10	42 .27	Beau ciel.
Moyenne.		41° 9′ 44″.11	

Plus grande élongation orientale de la Polaire.

Jours.	N.	Distance du zénith au pôle.	Circonstances atmosphériques.
23 nov.	12	41° 9′ 49″.76	Beau ciel. Étoile un peu ondulante et diffuse vers la fin.

25 nov.	10	41° 49′ .71″	Beau ciel. Étoile légèrement ondulante.
24 janv.	12	49 .99	Beau ciel. Étoile un peu ondulante par moments.
7 févr.	10	49 .40	Beau ciel. Étoile tranquille.
4 mars	10	48 .66	Ciel vaporeux. Étoile faible et assez tranquille.
24	10	48 .17	Beau ciel. L'étoile est tranquille et se voit bien.
8 avril	10	47 .73	Très-beau ciel. On voit assez bien l'étoile.
Moyenne.		41° 9′ 49″.06	

Élongation occidentale...........	41° 9′ 44″.11
Élongation orientale.............	41 9 49 .06
Complément de la latitude.......	41° 9′ 46″.58
Latitude du cercle..............	48 50 13 .42

Toutes les observations d'élongations ont été faites de jour. Lorsqu'on a fait la première série, celle du 14 juillet 1812, il y avait déjà deux jours qu'on avait adapté le prisme à l'oculaire de la lunette du cercle.

Solstice d'hiver de l'année 1811.

Jours.	N.	Obliquité apparente de l'écliptique.	Circonstances atmosphériques.
15 déc.	8	23° 27′ 42″.88	Soleil excessivement ondulant.
20	6	39 .68	Ciel très-vaporeux. Soleil très-faible et très-ondulant.
31	10	39 .97	Soleil ondulant, surtout pour la quatrième observation.
2 janv.	10	39 .47	Ciel nuageux. Fortes ondulations dans le bord du Soleil.
4	10	40 .96	Ciel très-vaporeux. Soleil ondulant.
6	8	40 .58	Ciel nuageux. Soleil un peu ondulant.
11	12	39 .52	Vapeurs lég. Soleil un peu ondulant.
Moyenne....		23° 27′ 40″.35	
Obliquité calculée.....		23 27 41 .16	

Solstice d'été de l'année 1812.

Jours.	N.	Obliquité apparente de l'écliptique.	Circonstances atmosphériques.
7 juin	10	23° 27′ 42″.50	Vapeurs blanchâtres. Soleil très-ondulant.
8	12	42 .03	Ciel nuageux. Soleil un peu ondulant et baveux.
9	10	41 .87	Vapeurs blanchâtres. Soleil ondulant et baveux.
11	10	40 .70	Quelques nuages et vapeurs légères. Soleil un peu ondulant.
12	10	41 .38	Ciel très-nuageux. Soleil ondulant.
13	12	41 .46	Vapeurs légères, petits nuages. Soleil ondulant et baveux.
22	4	41 .20	Ciel très-nuageux. Soleil ondulant.
25	10	41 .88	Soleil toujours vu au travers des nuages.
29	8	41 .96	Ciel nuageux. Soleil très-mal terminé.
5 juill.	6	41 .00	Ciel nuageux. Soleil excessivement ondulant et dentelé.
6	12	41 .61	Ciel nuageux. Soleil assez brillant, mais baveux.
7	10	41 .45	Ciel nuageux. Soleil bien au commencement, baveux à la fin.
Moyenne....		23° 27′ 41 .587	
Obliquité calculée.....		23 27 41 .55	

Solstice d'hiver de l'année 1812.

Jours.	N.	Obliquité apparente de l'écliptique.	Circonstances atmosphériques.
3 déc.	10	23° 27′ 39″.67	Ciel très-voilé. Soleil tranquille, mais très-faible.
5	10	39 .93	Ciel à demi couvert. Soleil faible et très-ondulant.
7	6	43 .05	Beau ciel. Soleil excessivement ondulant.
8	10	39 .90	Ciel très-vaporeux. Soleil très-ondulant.

9	10	23° 27′ 39″.12	Ciel vaporeux. Soleil ondulant et baveux.
12	10	41 .55	Beau ciel. Soleil baveux et ondulant.
26	8	43 .10	Beau ciel. Soleil très-ondulant.
27	8	38 .50	Beau ciel. Soleil ondulant et très-baveux.
2 janv.	10	38 .49	Ciel très-vaporeux. Soleil dentelé.
3	10	39 .22	Vapeurs très-légères. Soleil assez bien.
Moyenne....		23° 27′ 40 .25	
Obliquité calculée.....		23 27 42 .20	

Solstice d'été de l'année 1813.

Jours.	N.	Obliquité apparente de l'écliptique.	Circonstances atmosphériques.
6 juin	10	23° 27′ 42″.88	Ciel nuageux. Soleil baveux et ondulant.
7	10	42 .71	Ciel nuageux.
11	12	43 .37	Ciel nuageux.
12	10	42 .71	Ciel nuageux. Soleil assez tranquille.
13	10	41 .75	Ciel nuageux. Soleil très-ondulant par moments.
14	10	44 .21	Ciel nuageux. Soleil ondulant.
19	8	42 .03	Ciel nuageux. Soleil très-ondulant.
23	10	42 .51	Ciel nuageux. Soleil très-ondulant.
24	12	41 .86	Vapeurs légères. Soleil excessivement ondulant et baveux.
25	10	41 .67	Beau ciel. Soleil baveux et ondulant.
5 juill.	8	44 .26	Ciel nuageux. Soleil ondulant et très-baveux.
6	10	44 .01	Ciel nuageux. Soleil baveux.
7	10	41 .52	Beau ciel.
Moyenne....		23° 27′ 42″.73	
Obliquité calculée.....		23 27 43 .04	

SUR LES

OBSERVATIONS DES LONGITUDES

ET

DES LATITUDES GÉODÉSIQUES [1]

APPLICATION DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE AU PERFECTIONNEMENT DE LA CARTE DE FRANCE — EMPLOI DES CERCLES RÉPÉTITEURS, DES THÉODOLITES, DES SECTEURS ZÉNITHAUX, DES LUNETTES ZÉNITHALES — ERREURS DES OBSERVATIONS

M. Faye a communiqué à l'Académie des sciences, dans la séance du 6 décembre 1852, quelques idées sur le parti qu'on pourrait tirer de la télégraphie électrique dans les observations géodésiques. M. Blondel, directeur du dépôt de la guerre, a écrit à l'Académie, le 3 janvier 1853, que les officiers d'état-major avaient déjà pressenti combien les nouveaux télégraphes pouvaient être utiles pour vérifier ou confirmer, étendre même leur travail et celui de leurs prédécesseurs. M. Faye a alors déclaré qu'il s'empressait de renoncer à toute idée d'initiative personnelle. Puisque le mot d'*initiative* avait été prononcé, j'ai dû regarder comme un devoir de donner à

1. Résumé de communications faites à l'Académie des sciences dans diverses séances du commencement de l'année 1853.

observations faites au sud du zénith n'avaient alors pour objet que la détermination des déclinaisons. Maintenant que les déclinaisons de ces étoiles méridionales sont parfaitement connues par les observations faites dans divers observatoires, M. Mathieu a discuté de nouveau celles de Paris pour les faire concourir à la détermination de la latitude. Les résultats, très-satisfaisants quand on les compare entre eux, ne s'accordent pas avec celui que les étoiles boréales avaient fourni. Ainsi, il demeure établi que le cercle de Reichenbach donne lieu, comme les petits cercles, à des erreurs constantes dépendantes des flexions, de temps perdus ou de toute autre cause. Ces erreurs affectent dans le même sens les latitudes qu'on déduit des étoiles boréales et australes. Nous avons dû ainsi substituer à la latitude que nous avions jadis conclue des seules étoiles boréales, la moyenne de cette même latitude et de celle à laquelle on est arrivé par les observations remarquablement concordantes d'Aldébaran, de Rigel, d'α d'Orion, de Procyon, de Pollux, d'α de l'Aigle et d'α du Verseau. Cette moyenne se trouve ne différer que d'une petite fraction de seconde de la latitude à laquelle est arrivé M. Laugier, ce qui est une nouvelle confirmation de l'exactitude de l'observateur et de celle de l'admirable instrument sorti des mains de M Gambey, notre ancien confrère.

SUR

LA LATITUDE DE PARIS

Dans un Mémoire lu à l'Académie des sciences, le 3 janvier 1853, M. Laugier a fait connaître les nombreuses observations qu'il a exécutées avec le cercle mural de Gambey, de concert avec M. Mauvais, pour la détermination de la latitude de l'Observatoire de Paris. Le nombre 48° 50′ 11″.19, qu'il a obtenu, présente une différence sensible avec celui qui résulte des observations d'étoiles circumpolaires que j'ai faites au cercle de Reichenbach, avec M. Mathieu (voir le Mémoire précédent, p. 134 et 135). Aujourd'hui, on sait que les observations des cercles répétiteurs de petites dimensions sont sujettes à des erreurs constantes dont on ne se rend indépendant, quand il s'agit de latitudes, que par la combinaison d'observations faites au nord et au midi du zénith. Cela est vrai, non-seulement des petits instruments, mais encore de ceux qui atteignent les dimensions du cercle dont Laplace a doté libéralement l'Observatoire en 1811. Les observations faites avec ce cercle, chef-d'œuvre de l'artiste bavarois, sur les étoiles circumpolaires, présentaient un si bel accord, que nous crûmes, M. Mathieu et moi, pouvoir donner, pour la latitude définitive de Paris, la moyenne des résultats déduits de ces seules étoiles. Les

l'Académie quelques explications relativement aux projets qui avaient été formés ou déjà réalisés, de faire concourir les télégraphes électriques à la détermination des positions relatives de divers lieux. Cette idée était si naturelle, qu'elle est née presque aussitôt après l'installation des premiers télégraphes, et qu'on ne saurait dire où elle prit naissance. Je puis seulement assurer que le Bureau des longitudes s'en occupa dès l'origine avec persévérance, et qu'en outre il avisa aux moyens d'établir une communication directe entre l'Observatoire de Paris et celui de Greenwich, dès qu'il fut question de l'établissement du câble sous-marin entre Douvres et Calais. Si ce projet ne s'est pas encore réalisé, on ne doit l'imputer qu'aux difficultés qu'a rencontrées M. Airy, astronome royal de Greenwich, pour établir une liaison directe entre l'Observatoire qu'il dirige et l'une des lignes électriques aboutissant à Douvres et au câble sous-marin. Quant à nous, nous sommes prêts depuis longtemps à faire et à recevoir les signaux. Dans cette vue, une communication a été établie, par un fil souterrain qui longe la rue du Faubourg-Saint-Jacques, entre l'une des salles de l'Observatoire et l'administration centrale, située au ministère de l'intérieur, rue de Grenelle. Les conditions sous lesquelles nous pouvons disposer à certaines heures du jour de la force électrique créée dans l'établissement central, ont été convenues et sanctionnées par un règlement que le ministre de l'intérieur a adopté. Le Bureau n'attend plus que l'achèvement des dispositions qui se font à Greenwich, pour procéder à la liaison de Dunkerque, un des points de la grande méridienne de France, avec l'Obser-

vatoire de Paris. Une Commission, prise parmi ses membres, a depuis longtemps été nommée à cet effet. J'ajoute enfin que des arrangements ont été convenus, de concert avec le ministre compétent, pour qu'on transmette chaque jour l'heure de Paris aux divers ports, tels que le Havre, Nantes, etc.; les navigateurs devront puiser dans ces indications journalières des moyens très-exacts de régler la marche de leurs chronomètres. La difficulté de trouver au Havre un lieu accessible à tous les intéressés, pour l'installation d'une excellente pendule, a seule retardé jusqu'ici la mise à exécution d'un projet qui donnera certainement d'heureux résultats.

Après la communication des lignes précédentes à l'Académie, M. Blondel m'a écrit pour me dire qu'il n'entrait nullement dans sa pensée ni dans celle des officiers sous ses ordres de réclamer une part quelconque d'initiative dans la question des longitudes à déterminer par la télégraphie électrique. En donnant connaissance à l'Académie, dans la séance du 24 janvier, de la lettre de l'honorable et savant directeur du dépôt de la guerre, j'ai témoigné mes regrets de l'interprétation qu'on semblait avoir prêtée à mes paroles, qui avaient été seulement motivées par le mot d'initiative dont M. Faye s'était servi. Le secrétaire du Bureau des longitudes ne pouvait laisser croire que ce corps savant avait sommeillé en présence de toutes les applications que la télégraphie électrique offrait au monde entier pour le perfectionnement de la géographie. Il devait s'empresser de faire connaître que tout était disposé depuis longtemps à l'Observatoire de Paris, pour établir des communications avec des Obser-

vatoires étrangers et avec nos principaux ports de l'Océan. En tout ceci, il n'était nullement question, ni de loin ni de près, des officiers d'état-major, dont les travaux, l'habileté et le caractère ont toujours excité les plus vives sympathies de l'Académie des sciences. Il n'est pas besoin d'en donner d'autres preuves que les Rapports qui ont été faits sur les excellentes opérations de MM. Brousseaud et Largeteau; sur la très-belle triangulation que que M. Corabœuf conduisit parallèlement à la chaîne des Pyrénées, depuis l'Océan jusqu'à la Méditerranée; sur les savantes explorations de MM. Galinier et Ferret en Abyssinie, etc.

Pour montrer combien sont vivaces chez moi les sentiments de profonde estime que le corps d'état-major m'a toujours inspirés, je vais combattre dès ce moment, puisque j'en trouve l'occasion, les conséquences qu'on ne manquerait pas de tirer d'une phrase malheureuse que je lis dans une communication d'un membre de l'Académie.

Suivant ce membre, dans la mesure des latitudes, « les secteurs zénithaux, les théodolites, les cercles répétiteurs sont hors de cause », ce qui, bien entendu et bien interprété, tend à réduire à néant toute la partie astronomique de la grande opération dont nos officiers sont parvenus, au prix de tant de zèle, de dévouement et de fatigue, à couvrir la France entière. Je dois donc le proclamer, le cercle répétiteur, convenablement employé, donne les latitudes avec toute la précision que l'état des sciences comporte.

C'était pour moi un devoir de relever les résultats obte-

nus par les officiers d'état-major de l'anathème dont on voulait les frapper. Je ne devais pas oublier qu'il s'agit, dans ce débat, d'une des gloires de la France.

M. Faye a prétendu que j'ai donné à sa phrase ainsi conçue : « les secteurs zénithaux, les théodolites, les cercles répétiteurs sont ici hors de cause », un sens qu'elle n'avait pas. D'après M. Faye, ces instruments ne seraient exclus de la recherche des latitudes qu'à raison du long temps qu'exige leur emploi, lorsqu'on veut arriver à une précision suffisante. Mais la preuve que je ne m'étais pas trompé sur la vraie signification des mots que je viens de rappeler, c'est ce commentaire verbal que leur donna M. Faye dans une séance de l'Académie : « Il n'y a pas en France une seule latitude qui soit exactement connue », ce qui ne tendait à rien moins qu'à réduire à néant une partie importante des observations faites par les officiers d'état-major, et, entre autres, de l'opération de MM. le colonel Brousseaud et Largeteau. Pour ce qui est de la question de temps, je soutiens que, vu la perfection avec laquelle les artistes savent exactement diviser les cercles répétiteurs, on peut, en une seule nuit, avec un de ces instruments portatifs, déterminer la latitude d'un lieu à la précision d'une petite fraction de seconde, pourvu qu'on ait le soin de combiner convenablement les observations des étoiles situées au sud avec les observations des étoiles situées au nord du zénith.

M. Faye appelle M. Méchain, « le plus habile observateur de la France » ; je lui demanderai de quel droit, lui qui n'était pas né lorsque cet observateur exécutait ses travaux en Espagne, il le qualifie ainsi que nous ve-

nons de le rapporter? Serait-ce par hasard afin de donner plus de poids à sa critique de l'instrument dont Méchain se servit à Barcelone?

M. Faye pose cette question : Quelle est la loi de l'erreur des cercles répétiteurs? Et il s'écrie : Personne ne l'a formulée. Comment donc serait-il permis d'affirmer que cette erreur disparaît toujours entièrement dans la moyenne de deux groupes d'observations faites indistinctement au nord et au sud du zénith?

Plus tard encore, ajoute-t-il, on s'est aperçu que cette erreur doit changer sensiblement avec la température. Qui donc a trouvé cela?

Ce qu'il y a de singulier dans les idées de l'auteur c'est que, suivant lui, l'erreur sur la latitude augmente avec le nombre des répétitions. Comment se fait-il donc que l'erreur n'existe pas après deux répétitions?

L'auteur voyant d'ailleurs qu'un changement de manœuvre, comme il dit, réduit la différence entre les latitudes nord et sud depuis 12″ jusqu'à 7″, triomphe et déclare positivement qu'on ne peut jamais parvenir à éliminer les erreurs des cercles répétiteurs par des observations faites au nord et au sud. Mais j'ai donné, dans mon Mémoire de 1813, une série d'observations du passage inférieur de la Polaire faites à Formentera du 25 janvier au 6 mars 1808 (voir p. 125), d'où il résulte que la plus grande discordance avec la moyenne ne s'élève qu'une fois à 0″.6. Si cette série avait été faite en Allemagne ou en Russie, mon contradicteur ne manquerait pas de la citer comme un modèle d'exactitude. La moyenne qu'elle donne diffère notablement de celle

que fournit une série antérieure un peu moins concordante exécutée avec le même cercle (série du 29 décembre 1807 au 11 janvier 1808, même page). Cette série diffère de celle que j'ai d'abord citée de 2″. Que s'était-il passé entre l'une et l'autre? Avant le 25 janvier 1808, je croyais, moi, que l'image fournie par l'objectif de la lunette de notre cercle ne coïncidait pas exactement avec les fils du réticule. M. Biot était d'une opinion contraire. Je dus, quoiqu'à regret, me soumettre à cet avis; mais le 25 janvier, après le départ de M. Biot, je crus devoir mettre les choses en état suivant mes appréciations. Ce changement amena un plus grand accord dans mes déterminations partielles et la différence de 2″ entre les résultats moyens.

En ce qui concerne la critique dirigée contre les secteurs zénithaux, je dois faire un éloge bien mérité de celui que Ramsden construisit pour les ingénieurs anglais chargés de la mesure de la méridienne. Il me semble, en tout cas, qu'il serait de bon goût de parler avec convenance et respect d'un genre d'instrument dont Bradley s'est servi pour arriver à la découverte de l'aberration de la lumière et à celle de la nutation de l'axe de la Terre.

Je ne dirai que quelques mots des mérites dont M. Faye prétend doter son instrument zénithal. Voici comment cet astronome décrit son appareil : « C'est une simple lunette de 1m.20 à 1m.30 de distance focale, dont l'objectif, le tuyau et le réticule sont fixés séparément à un pilier. Un bain de mercure et une seconde lunette pareille à la première, mais brisée vers la moitié de sa longueur par un prisme, afin de gagner un demi-mètre de hau-

teur, servent à déterminer le nadir. Pour obtenir le zénith dans la lunette fixe, il suffit d'enlever le bain de mercure, et d'amener les axes des deux lunettes à coïncider, en regardant avec l'une le réticule de l'autre. Puis on écarte la lunette supérieure, et l'instrument se trouve disposé pour l'observation. Celle-ci consiste à mesurer micrométriquement la distance comprise entre le fil central, que je suppose perpendiculaire au méridien, et les petites étoiles de 8e et de 9e grandeur qui traversent incessamment le champ de la lunette. » Eh bien, n'est-il pas certain que les observations ainsi faites sont sujettes aux erreurs personnelles de l'astronome, tout aussi bien que les observations exécutées lorsque la ligne visuelle est plus ou moins inclinée à l'horizon ? Le jeune académicien a fait une réponse à cette remarque. Mais le lecteur de sa Note sera peut-être assez surpris de voir insinuer que les comparaisons des yards anglais faites par Baily, en 1834 et 1835, sont l'origine de la découverte des erreurs personnelles dans le pointé. La petite malice que l'auteur s'est permise ici serait de très-bon goût, si l'année 1816, date de la publication dans la *Connaissance des temps* d'un Mémoire cité fort souvent[1], n'avait pas précédé l'année 1834 ou 1835.

L'auteur insiste sur cette circonstance qu'un horizon de mercure est observé loin des bords là où la gravité agit seule. Eh bien, je demande si le poids qui tend le fil d'un secteur ordinaire n'est pas ou ne peut pas tou-

1. Mémoire sur les cercles répétiteurs, placé précédemment, p. 115 à 137.

jours être aisément placé dans les mêmes conditions? Quel avantage la verticale optique a-t-elle sous ce rapport sur la verticale matérielle? si ce n'est que les circonstances, qui rendent l'observation de la première possible, sont rares.

L'auteur parle de courants d'air comme pouvant agir sur le fil matériel, mais cette observation ne sera pas prise au sérieux par ceux qui ont observé avec les anciens cercles muraux de Bird ou avec les secteurs de Ramsden.

SUR

L'ATTRACTION DES MONTAGNES[1]

La première tentative qu'on ait faite pour évaluer la déviation qu'une montagne peut occasionner dans la direction du fil à plomb date de 1738, c'est-à-dire de l'époque où nos académiciens mesuraient le degré du Pérou. Le voisinage du Chimborazo semblait singulièrement propre à ce genre de recherches; Bouguer avait trouvé par un calcul approximatif, et en supposant la montagne entièrement solide, que l'effet surpassait 1′30″; mais malheureusement les observations donnèrent un nombre beaucoup plus petit; car, par une moyenne, la double déviation ne s'éleva qu'à 15″; du reste, si, vu la petitesse du quart-de-cercle dont on se servait et les discordances des mesures partielles, on peut à peine conclure de ce travail que la montagne avait exercé une action sensible sur le fil à plomb, à plus forte raison n'est-il pas permis de compter sur l'évaluation numérique de l'effet.

Maskelyne entreprit, en 1773, une semblable opération sur la montagne Schehallien en Écosse et trouva, à l'aide d'un excellent secteur de $3^{m}.25$, que la déviation

1. Mémoire inséré en 1816 dans la *Connaissance des temps* pour 1819.

s'était élevée à 5''.8. Depuis cette époque les astronomes ont fait jouer un grand rôle aux attractions locales, et ont expliqué par là des discordances que très-souvent il eût été peut-être plus naturel d'attribuer à de simples erreurs d'observation : c'est ainsi, par exemple, que le Père Liesganig rejetait sur l'attraction des montagnes de Styrie les fautes grossières qu'il avait commises dans toutes les parties de son opération. M. de Zach a démontré récemment qu'il s'était glissé de graves erreurs dans la mesure du degré du Piémont ; jusqu'alors l'action du mont Rosa avait tout expliqué. On voit par là que la question qui fait l'objet du nouvel ouvrage de M. de Zach se lie aux recherches les plus délicates de l'astronomie, et qu'elle mérite toute l'attention des savants.

L'ouvrage de M. de Zach forme 2 volumes in-8°, imprimés à Avignon en 1814 ; il a pour titre : *L'attraction des montagnes et ses effets sur les fils à plomb ou sur les niveaux des instruments d'astronomie, constatés et déterminés par des observations astronomiques et géodésiques faites en* 1810*, à l'ermitage de Notre-Dame des Anges, sur le mont de Mimet et au fanal de l'île de Planier, près de Marseille*, etc.

Au sud-ouest de Marseille et à 16 kilomètres du continent, se trouve une petite île qu'on appelle Planier, et qui n'est qu'un large rocher isolé et à fleur d'eau. Au nord de la même ville et à une distance de 15 ou 16 kilomètres, existe une montagne calcaire qui a environ 800 mètres d'élévation au-dessus de la mer et qu'on appelle dans le pays la montagne de Mimet. Les ruines d'un ancien couvent, Notre-Dame des Anges, situé à mi-côte, ont servi

d'observatoire. A cette station le mont de Mimet pouvait exercer une action sensible sur le fil à plomb, tandis qu'à Planier on n'avait à craindre aucune attraction locale ; pour découvrir celle du mont Mimet, il devait donc suffire de prendre astronomiquement la différence de latitude entre Notre-Dame des Anges et Planier et de la comparer à cette même différence déterminée géodésiquement. Tel est, en effet, le système d'opérations que M. de Zach a exécuté.

La première section de son livre renferme les observations astronomiques faites à Notre-Dame des Anges. La latitude a été mesurée avec un cercle répétiteur de Reichenbach, de 32 centimètres de diamètre et à niveau mobile ; on s'est servi exclusivement des trois étoiles méridionales α du Serpentaire, ζ et α de l'Aigle. L'auteur rapporte, avec tous les détails nécessaires les observations, brutes et les divers éléments dont il s'est servi dans le calcul ; ainsi, un premier tableau nous donne, pour chacun des trois chronomètres qu'il employait, les temps des midis et des minuits vrais conclus par des hauteurs correspondantes. Un second tableau renferme les éléments tirés des Tables solaires dont on a besoin pour calculer la marche de ces chronomètres[1] ; un troisième présente enfin leurs équations et leurs mouvements diurnes pour tout le temps que les observations ont duré.

1. Je n'ai pas besoin de dire que ces éléments sont tirés des Tables que M. de Zach a publiées à Gotha en 1804 ; mais comme elles diffèrent extrêmement peu de celles que nous devons aux travaux de M. Delambre, les astronomes qui seraient tentés de refaire les calculs que l'ouvrage renferme pourront sans inconvénient se servir des Tables françaises.

Toutes les parties de ce travail sont présentées avec les mêmes développements, en sorte que le lecteur pourrait suivre les calculs à vue, ou les recommencer avec de nouveaux éléments. M. de Zach a fait 10 séries de distances au zénith de α du Septentaire, composées chacune de 30 répétitions, ce qui donne en tout 300 observations. Les discordances extrêmes entre les résultats partiels de chaque série s'élèvent seulement à $3''.45$. Pour ζ de l'Aigle ces différences montent à $4''.4$, et pour α de l'Aigle à $4''$. On voit que ces mesures confirmeront la réputation d'excellent observateur que M. de Zach s'était déjà acquise par beaucoup d'autres travaux.

Le second article de la première section renferme les observations qui ont servi à déterminer la différence de longitude entre Notre-Dame des Anges et l'Observatoire de Marseille. M. de Zach s'est servi pour cela des signaux de feu qu'il allumait à des époques fixes à Notre-Dame des Anges; M. Pons, qui est bien connu des astronomes par le grand nombre de comètes qu'il a découvertes, les observait à Marseille. Par une moyenne entre 63 déterminations, la différence de longitude entre ces deux stations s'est trouvée de $29''.95$; la plus grande discordance entre les résultats partiels ne va pas tout à fait à $2''$, par où l'on voit que cette méthode, qui a été employée pour la première fois dans une occasion semblable et presque sur le même lieu, par MM. Cassini de Thury et Lacaille, est susceptible de beaucoup d'exactitude.

M. de Zach a joint à ce chapitre quelques remarques historiques sur la détermination des longitudes, que les astronomes liront avec intérêt; mais je n'oserais pas as-

surer qu'ils partageront son opinion lorsqu'ils le verront assimiler les observations des éclipses des satellites de Jupiter à celles des éclipses de Lune. Voici les propres expressions de M. de Zach : « L'ombre de la Terre, projetée sur le disque de la Lune et accompagnée de sa pénombre, laisse une si grande incertitude sur l'instant des phases, qu'on s'y trompe souvent de plusieurs minutes. . . Les éclipses des satellites de Jupiter ne sont pas plus marquées, etc. » Il est vrai que, plus bas, il porte l'incertitude à 30 ou 40^s ; mais ces limites mêmes me semblent exagérées, du moins pour le premier satellite. Je n'ignore pas qu'on trouve parfois de pareilles différences, même dans les observations de Greenwich, mais il est clair pour toute personne non prévenue, ou qu'il s'est glissé quelque erreur dans ces observations, ou qu'elles ont été faites dans des circonstances défavorables : or, ce n'est pas, ce me semble, sur quelques exceptions qu'il faut se déterminer à frapper de réprobation une méthode dont la géographie peut tirer de très-grands avantages.

M. de Zach insiste aussi avec détail sur les diverses causes d'erreur qui peuvent se rencontrer dans l'observation des occultations d'étoiles, mais il aurait pu ajouter que ces causes ne sont pas constantes et que la moyenne entre plusieurs résultats partiels ne doit pas être éloignée de la vérité. Ne serait-ce pas seulement dans l'intention de fortifier ses objections que M. de Zach ajoute qu'on a été plus d'un siècle à déterminer à 5^s de temps la différence de longitude entre Paris et Greenwich. Cet astronome sait, en effet, mieux que personne que Halley supposait déjà cette différence de 9^m 20^s dans l'Appendice

des Tables carolines; que Duséjour trouvait 9^m 20^s par l'éclipse de Soleil de 1764 et par celle de 1769; qu'Oriani avait confirmé ce résultat par l'éclipse de 1778; que Maskelyne, avant la jonction en 1787, admettait également 9^m 20^s, et que tous les astronomes, dans leurs calculs habituels, se servaient de cette même différence que la jonction des deux observatoires a ensuite confirmée (voir la préface des premières Tables du Soleil, publiées en 1792 par M. de Zach lui-même, d'où j'extrais ces nombres). Tout ce qu'on peut déduire de ce que M. de Lalande insérait encore une fausse longitude dans la *Connaissance des temps* de 1789, c'est que cet astronome avait eu tort de changer, d'après une seule observation de Short (un passage de Mercure sur le Soleil, si je ne me trompe), la longitude moyenne qu'on avait trouvée précédemment.

Pour orienter la chaîne de triangles qui devait joindre la station septentrionale à l'île Planier, M. de Zach a fait au premier point une nombreuse série d'observations d'azimut, qui sont rapportées dans le troisième chapitre du premier livre.

Cet astronome a apporté à la détermination de cet élément plus de soin que ne semblait en exiger l'usage qu'il devait en faire pour l'objet principal de son opération; mais cette circonstance lui a fourni l'occasion de publier des remarques utiles sur les diverses méthodes dont on peut se servir pour observer un azimut, et surtout sur l'emploi des théodolites répétiteurs de Reichenbach. La juste confiance que M. de Zach accorde aux instruments de cet habile artiste me semble cependant l'avoir conduit,

dans ce cas, à une conclusion que les astronomes trouveront hasardée.

M. de Zach, ayant mesuré l'azimut de Notre-Dame de la Garde de Marseille par deux séries d'observations dont l'une était faite en visant au premier bord du Soleil et l'autre au bord opposé, les a calculées en prenant le diamètre de cet astre dans les Tables; les résultats partiels, dans chaque série, s'accordent bien entre eux, mais les moyennes diffèrent de près de 13″. M. de Zach en conclut que le demi-diamètre du Soleil, dans la lunette de son théodolite, surpasse de 6″.3 celui des Tables qui a été déterminé avec des lunettes d'un plus long foyer; mais s'était-il bien assuré d'avance que la manière de placer le fil de la lunette sur le bord du Soleil ne pouvait pas l'induire en erreur? L'opinion ancienne, que l'irradiation est plus considérable dans les petites lunettes que dans les grandes, a beaucoup perdu de son crédit depuis la découverte des lunettes achromatiques. M. de Zach attribue la différence de 13″.6 dont il s'agit ici « à la couronne lumineuse formée par l'aberration de lumière qui, dans les petites lunettes moins parfaites, est toujours plus forte que dans les grandes. » Si par le mot vague d'aberration il entend, comme je dois le croire, celle de réfrangibilité, je remarquerai qu'à cause de la méthode qu'il a suivie dans ses mesures d'azimut, le bord du Soleil a été toujours observé au centre de sa lunette; par conséquent, les franges colorées qui peuvent provenir de l'imperfection de l'achromatisme ont dû être, dans cette position, beaucoup moins étendues que si l'on avait mesuré directement le Soleil avec un micromètre; car, dans ce cas, les

bords du disque auraient été très-près des limites du champ. J'ajouterai à ces doutes que M. Quénot avait trouvé, par une nombreuse suite d'observations faites avec un cercle répétiteur à réflexion, précisément le contraire de ce que M. de Zach annonce. Il est fâcheux que cet astronome, qui connaissait certainement le travail de M. Quénot, puisqu'il a été inséré dans la *Connaissance des temps* de l'an XII, n'ait pas cru à propos de rechercher la cause de l'opposition frappante qui se trouve entre leurs résultats.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous permettront de passer légèrement sur les observations que renferme la seconde partie de l'ouvrage et à l'aide desquelles M. de Zach a déterminé la latitude de Planier, sa longitude et un azimut; nous nous contenterons même de dire que là, comme à Notre-Dame des Anges, on a observé α du Serpentaire, α et ζ de l'Aigle avec le cercle répétiteur, et que la longitude a été prise avec des signaux de feu que M. Pons faisait à des heures fixes sur la terrasse de l'Observatoire de Marseille.

La troisième partie est consacrée aux opérations géodésiques, c'est-à-dire aux détails de la mesure de la base et des angles des triangles qui joignent les deux stations extrêmes. La base avait $2304^{m}.553$, longueur bien suffisante pour l'objet que M. de Zach se proposait.

Chacun des angles des triangles a été répété au moins dix fois avec une théodolite de Reichenbach ; sur les 7 triangles dont se compose la chaîne, l'erreur de la somme des trois angles a été une seule fois de 5″, quatre fois au-dessus de 3″ et deux fois nulle.

M. de Zach s'occupe, dans la quatrième partie, de la détermination de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Notre-Dame des Anges et de l'île de Planier; il fait ses calculs d'après les formules que M. Delambre a publiées dans l'ouvrage intitulé : *Méthodes analytiques pour la détermination d'un arc du méridien*, etc. Trois combinaisons distinctes lui donnent exactement les mêmes résultats, tant pour la distance des deux stations que pour leur différence de longitude. L'auteur a pris pour aplatissement $\frac{1}{310^e}$; l'incertitude qui peut rester encore sur la valeur de cet élément n'aura ici aucune influence sensible[1], vu la petite étendue de l'arc dont il fallait calculer la longueur.

Dans la cinquième partie, la dernière du premier volume, M. de Zach compare les calculs de la section précédente aux mesures astronomiques. La triangulation lui avait appris que le parallèle de Notre-Dame des Anges est éloigné de celui de Planier de $12'3''.11$; les observa-

1. M. de Zach remarque qu'il y a erreur de signe dans l'expression d'une quantité auxiliaire δ qui entre dans toutes les formules de M. Delambre; mais cette erreur est une simple faute typographique, comme M. de Zach aurait pu s'en convaincre, soit en consultant la *Base du système métrique*, soit même simplement en jetant un coup d'œil dans l'ouvrage qu'il cite sur l'expression analytique de la normale. M. de Zach dit ailleurs qu'il y a un terme faux (t. II, p. 212 de la *Base du système métrique*) dans la formule que M. Delambre a donnée pour réduire au méridien les distances au zénith qu'on observe hors de ce plan. Ceci, je l'avouerai, m'avait d'abord fait craindre qu'il ne se fût glissé de graves erreurs dans le calcul de la méridienne de France ; mais je me suis bientôt rassuré lorsque j'ai vu que, pour découvrir et rectifier la faute que M. de Zach relève, il suffisait de tourner le feuillet et de prendre à la page 213 le terme qui avait été imprimé incorrectement à la page 212.

tions astronomiques donnent pour cette même distance 121″.13. La différence de ces deux nombres, ou 1″.98, est, d'après l'auteur, l'effet de l'attraction du mont Mimet. Quant à la différence de longitude, celle qu'on déduit des observations géodésiques, elle est plus grande de 10″.67 que la différence déterminée astronomiquement.

Tels sont les résultats de l'opération de M. de Zach; mais il restait à prouver que la petite différence de 1″.98, qu'il a trouvée entre les deux amplitudes, ne peut pas être attribuée aux erreurs d'observation; c'est là le but que l'auteur s'est proposé dans le chapitre suivant, dont voici le titre : « *Preuves de l'exactitude de nos opérations et de leur résultat, qui constate que l'effet de l'attraction a été réellement observé, avec plusieurs autres résultats qui ont été déduits de l'ensemble de nos observations.* »

L'auteur examine d'abord toutes les causes d'incertitude qui peuvent affecter l'opération géodésique, et prouve, ce me semble sans réplique, que les erreurs probables des azimuts n'ont pu altérer que de quantités insensibles la valeur de l'arc compris entre les deux stations extrêmes.

Quant aux observations astronomiques, nous allons successivement passer en revue les vérifications que M. de Zach s'est procurées et qu'il croit propres à lever tous les doutes.

Chacune des trois étoiles observées à Notre-Dame des Anges et à Planier donne la même valeur pour l'amplitude de l'arc. Ceci prouve que, s'il y avait erreur dans le cercle, elle affectait également les observations de chacune des étoiles, et nullement que l'erreur a été la même à Planier et au mont Mimet. L'accord des trois résultats partiels

est d'autant moins étonnant que α du Serpentaire, α et ζ de l'Aigle ont des hauteurs peu différentes; néanmoins l'amplitude que donne α du Serpentaire diffère de $0''.46$ de celle qu'on déduit des deux étoiles de l'Aigle.

M. de Zach avait mesuré en 1808, en 1810 et en 1812 les latitudes de trois points des environs de Marseille qui sont assez éloignés des montagnes pour qu'on puisse admettre que des attractions locales n'ont pas altéré la position du fil à plomb; or, comme ces latitudes s'accordent avec celle de Planier, l'auteur en conclut que, dans cette dernière station, son cercle n'était affecté d'aucune erreur.

Je remarque d'abord qu'à Marseille les latitudes ont été prises avec la Polaire, et que celle de Planier a été déduite des observations de α de l'Aigle. Or, les astronomes ne rejetteront-ils pas entièrement les conséquences qu'on peut tirer de cette vérification, lorsqu'ils remarqueront que la déclinaison que M. de Zach adopte pour α de l'Aigle résulte uniquement de quatre séries d'observations faites à Milan en 1808, et que de plus elle diffère de $2''.5$, soit de celle que M. Pond a trouvée récemment avec le bel instrument de Troughton, soit de celle qu'on a déduite de treize séries faites à Paris avec le grand cercle répétiteur de Reichenbach?

M. de Zach paraît compter beaucoup sur la circonstance qu'il avait mis « le plus court intervalle entre les observations faites à Notre-Dame des Anges et celles faites à Planier, afin qu'elles pussent être considérées comme simultanées... » Il ajoute plus bas : « Si mon cercle donne quelque erreur pour des observations abso-

lues. elle aurait été détruite et complétement éliminée en ne prenant que les différences de nos observations. » Ceci suppose que l'erreur qui peut se trouver dans un cercle est toujours la même, et c'est en effet là l'opinion que M. de Zach professe; mais le contraire me paraît facile à démontrer, même à l'aide des propres observations de cet astronome.

En effet, dans le mois de juin 1808, M. de Zach trouvait par la Polaire la latitude de Milan égale à 45°28′1″.70, tout aussi bien avec son cercle qu'avec celui de M. Oriani. Or, à la même époque, le premier de ces instruments donnait par Arcturus 45° 28′ 1″.97, tandis qu'avec le second on trouvait 45° 28′ 4″.35. Ce résultat, comme on voit, diffère du précédent de 2″.38, quantité plus considérable que celle que M. de Zach a trouvée pour l'attraction du mont Mimet.

Pourrait-on maintenant s'autoriser d'une différence de 2″ pour affirmer que cette montagne a exercé une action sensible sur le fil à plomb lorsque deux cercles semblables, de mêmes dimensions, également parfaits puisqu'ils étaient l'un et l'autre de Reichenbach, placés dans le même lieu (l'observatoire de Milan), maniés par le même astronome (M. de Zach), donnaient les mêmes jours des résultats identiques lorsqu'on observait la Polaire, et des résultats qui différaient constamment les uns des autres de plus de 2″ lorsqu'on observait Arcturus? Supposons pour un moment que l'erreur des observations méridionales ait tenu uniquement au cercle de M. Oriani, et voyons si nous n'aurions pas quelques motifs pour croire que le cercle de M. de Zach est également sujet à

de légères anomalies. Or, si cet astronome veut bien se ressouvenir des observations qu'il a insérées dans la *Bibliothèque britannique*, il verra qu'en 1808 cent quatre-vingts répétitions faites avec son cercle de 32 centimètres lui donnaient pour la latitude de Milan 45° 28′ 1″.76, et qu'en 1809 il trouvait 1″.1 de plus; mais si ces remarques prouvent que le cercle de 32 centimètres de M. de Zach peut donner des erreurs en plus ou en moins d'une seconde, il en résultera, ce me semble, incontestablement que cet instrument n'était pas propre à faire découvrir une attraction de 2″.

Il m'aurait été facile de fortifier ces objections par des exemples tirés de la méridienne de France, mais il m'a paru plus convenable de me borner aux propres observations de M. de Zach et de ne discuter même que celles qu'il avait faites avec l'instrument dont il s'est servi dans sa nouvelle opération.

Mais quelle peut être enfin la cause des anomalies que présentent les petits cercles? Dans la *Connaissance des temps* pour 1816[1] on a cherché à en rendre compte en supposant que les rayons irréguliers dont l'image d'une étoile est toujours accompagnée dans une petite lunette peuvent tromper l'observateur sur la position du véritable centre de l'astre. M. de Zach rejette cette explication qu'il traite « d'hypothèse gratuite qui n'explique rien, absolument rien, qui n'est pas même admissible. » Personne n'ignore cependant que les étoiles vues dans des

1. Mémoire sur les cercles répétiteurs inséré précédemment, p. 115 à 137.

lunettes sous-tendent des angles sensibles et qui diminuent rapidement lorsque le grossissement augmente. Si la lumière parasite dont le disque réel est entouré tient, comme il est probable, aux effets réunis des imperfections des lunettes et de nos organes, elle pourra ne pas avoir la même forme pour tous les yeux, et de là l'explication des différences constantes qu'on a remarquées entre les résultats partiels et moyens de plusieurs séries d'observations qui avaient été faites à la même époque, dans le même lieu, avec le même instrument, mais par différents astronomes. L'étendue et la situation des rayons irréguliers qui amplifient l'image d'une étoile pourraient aussi changer par une légère altération de la distance relative de l'objectif et de l'oculaire; et, si je ne me trompe, ceci a été la principale cause des anomalies que quelques cercles ont présentées. Quoi qu'il en soit, l'auteur de l'hypothèse [1] avait eu le soin, en la publiant, de l'accompagner des observations dont elle semblait être une conséquence; M. de Zach n'aurait-il pas dû également mettre le public dans la confidence des raisons qu'il peut avoir pour la rejeter? Qu'aurait dit cet astronome si, au lieu de montrer comme nous venons de le faire avec tous les détails convenables qu'il ne résulte aucunement de sa nouvelle opération que le mont Mimet a attiré le fil à plomb de 2″, nous nous étions contentés de dire « qu'elle ne prouve rien, absolument rien, qu'elle n'est pas même admissible? »

Du reste, je dois, en terminant ce Mémoire, m'empres-

1. M. Arago, voir précédemment, p. 127.

ser de rassurer les astronomes qui pourraient craindre que cette question ne restât longtemps indécise. Il résulte en effet d'une anecdote que M. de Zach rapporte que lorsqu'il publiait ses lettres dans la *Bibliothèque britannique* il tendait un piége dans lequel sont tombés ceux qui ont cherché la cause des défauts qu'il reprochait aux cercles répétiteurs. « Sa réponse n'était pas encore prête à cette époque, mais il la donnera quand elle le sera. » Si cependant M. de Zach tient ses promesses par ordre de date, il nous expliquera auparavant la différence singulière de plusieurs secondes qu'on trouve entre les obliquités de l'écliptique de l'été et de l'hiver. Les astronomes attendent avec d'autant plus d'impatience la solution que M. de Zach a promise il y a près de quatre ans, que l'anomalie dont nous venons de parler avait fait craindre qu'il n'y eût quelque légère erreur dans les tables de réfraction.

Les bornes dans lesquelles nous sommes forcé de nous renfermer ne nous permettront pas de rendre compte de plusieurs chapitres de l'ouvrage de M. de Zach, qui, du reste, ne se lient que très-indirectement à l'objet principal de son opération. Nous allons cependant en rapporter les titres.

La septième partie est consacrée à la détermination « des hauteurs des stations au-dessus de la mer Méditerranée. » L'auteur s'est servi indistinctement pour cet objet des distances réciproques au zénith, de la dépression de l'horizon de la mer et du baromètre. La comparaison des résultats qu'il trouve dans une même station par chacune de ces méthodes lui fournit les moyens d'apprécier l'exactitude dont elles sont susceptibles.

Dans la huitième partie, M. de Zach nous donne la « description géométrique de la ville de Marseille et de son territoire. » Ce savant s'est livré, dans ce chapitre, à des recherches intéressantes pour découvrir dans quelle partie de la ville actuelle Pythéas a pu faire, 350 ans avant notre ère, cette fameuse observation du solstice d'été que Strabon nous a conservée dans le chapitre v du II[e] livre de sa Géographie. Il détermine également les positions des observatoires de Gassendi, de Dominique Cassini, de Chazelles, de Louville, du père Feuillée et de plusieurs amateurs d'astronomie.

L'ouvrage est terminé par une table des longitudes et latitudes des principaux lieux situés dans la partie méridionale de la France, déterminées soit par des observations astronomiques, soit par des opérations géodésiques, et par quelques réflexions relatives à l'opération que le docteur Maskelyne avait faite au pied du mont Schehallien, en Écosse, pour déterminer l'attraction de cette montagne.

SUR LES

OPÉRATIONS GÉODÉSIQUES

EXÉCUTÉES EN ITALIE
PAR LES INGÉNIEURS GÉOGRAPHES FRANÇAIS [1]

Le réseau de triangles du premier ordre que les ingénieurs géographes français ont formé en Italie se compose principalement :

1° D'une chaîne placée suivant la perpendiculaire au méridien de Milan, et qui s'étend depuis la base du Tésin jusqu'à Venise ;

2° D'une deuxième chaîne plus boréale, appuyée aussi à la base du Tésin, mais contiguë à la précédente, de manière que les côtés septentrionaux des triangles de celle-ci sont les côtés méridionaux de la seconde. Ces deux chaînes se confondent, avant d'atteindre Venise, dans le triangle Solferino — Vérone — Mantoue ;

3° D'une chaîne, dirigée du nord au sud, entre Venise et Rimini, et qui se réunit à celle du parallèle de Milan, dans le triangle Monte-Cero—Padoue—Chioggia ;

4° D'une chaîne qui joint la base du Tésin à celle de Rimini, dans la direction de leur plus courte distance ;

1. Note publiée en 1824 dans la *Connaissance des temps* pour 1827.

5° D'une chaîne qui rattache la base du Tésin à celle dont Beccaria s'était servi dans son opération du Piémont ;

6° Enfin, de quelques triangles qui vont jusqu'au Frioul, rejoindre les bases mesurées par le général autrichien baron de Zach.

Voyons d'abord quel degré de confiance méritent ces premières opérations. Deux moyens distincts nous conduiront au but. Le premier consistera à examiner quelles erreurs se sont glissées dans la détermination des angles de divers triangles ; l'autre, à rechercher comment les bases conclues s'accordent avec les bases mesurées.

Dans les 22 grands triangles de la chaîne perpendiculaire au méridien de Milan, qui s'étendent de la base du Tésin au côté Venise — San-Salvatore, les erreurs sur la somme des trois angles sont : + 0″.14 ; — 0″.53 ; — 1″.12 ; + 7″.42 ; + 1″.28 ; — 0″.24 ; — 0″.74 ; + 2″.78 ; + 4″.23 ; + 1″.65 ; + 2″.13 ; — 3″.81 ; — 2″.83 ; + 1″.79 ; + 4″.91 ; + 5″.73 ; — 1″.26 ; + 4″.13 ; + 1″.41 ; + 1″.25 ; + 7″.93 ; — 1″.29. Le plus petit angle, dans tous ces triangles, est de 27° 23′.

Pour les 10 triangles de la chaîne boréale contiguë à la précédente, qui joint aussi la base du Tésin à Venise, on a, sur la somme des trois angles, cette suite d'erreurs : + 3″.33 ; — 2″.54 ; + 1″.70 ; — 2″.32 ; + 4″.46 ; + 2″.38 ; — 2″.53 ; + 7″.26 ; + 1″.64 ; — 3″.34. Ces triangles sont assez bien conditionnés : le plus petit angle est de 32° 59′.

Dans les 16 triangles de la chaîne dirigée du nord

au sud, entre Venise et Rimini, on trouve : — 0″.79 ; + 0″.90 ; — 1″.11 ; — 3″.29 ; — 4″.82 ; — 0″.79 ; — 2″.60 ; + 2″.90 ; — 3″.26 ; + 0″.74 ; + 1″.99 ; + 1″.36 ; + 2″.15 ; + 3″.81 ; — 2″.30 ; — 4″.49. Le plus petit angle est de 23° 13′.

Dans les 9 triangles de la chaîne dirigée directement du Tésin à Rimini, qui ne font pas partie des chaînes dont nous venons déjà de parler, les erreurs se sont élevées à : — 3″.47 ; + 5″.77 ; — 0″78 ; — 5″.04 ; — 3″.19 ; + 3″.34 ; + 5″.01 ; + 3″.99 ; — 2″.71. Le plus petit angle est de 40° 53′.

Enfin, dans les six triangles principaux de chaîne du Piémont, on trouve les erreurs suivantes : + 4″.58 ; + 6″.98 ; + 1″.35 ; + 3″.32 ; — 2″.36 ; + 1″.33. Le plus petit angle est de 26° 58′.

Les personnes qui ont l'habitude des calculs géodésiques verront d'un coup d'œil que les erreurs dont les angles de ces diverses chaînes sont affectés, n'ont pu avoir, dans la détermination des côtés, qu'une très-petite influence. En voici, du reste, une démonstration palpable.

Les chaînes méridionale et septentrionale du parallèle de Milan ont plusieurs côtés communs Calculons-en la longueur d'après la base du Tésin, et voyons à combien se monteront les différences :

Busto-Milan.	1re chaîne....	31,177^{m}.39	différence + 0^{m}.85
	2e chaîne....	31,178 .23	
Milan-Crema.	1re chaîne....	40,389 .34	différence + 1 .32
	2e chaîne....	40,390 .45	
Crema-Verola-Nuova.	1re chaîne....	30,845 .35	différence — 1 .32
	2e chaîne....	30,844 .03	

Voyons aussi comment la base du Tésin, mesurée en 1788, par les astronomes de Milan et qui n'a pas moins de 9,999^{m}.25, s'accorde avec une base de 11,917^{m}. 62, située près de Rimini, dont la longueur a été déterminée par les ingénieurs géographes français.

La chaîne de jonction de la première de ces bases avec celle de Rimini donne pour la longueur de la dernière 11,918^{m}.48 ; d'après la mesure immédiate on a 11,917^{m}.62. La différence est 0^{m}.86.

Si l'on calcule cette même base de Rimini, en suivant d'abord l'une quelconque des chaînes du parallèle de Milan jusqu'à Venise, et en descendant ensuite du nord au sud par une seconde chaîne qui n'a pas moins de 16 triangles, on trouvera pour résultat 11,917^{m}.91. Ainsi, malgré un très-grand circuit, le calcul donne, presque exactement, le nombre fourni par la mesure directe.

La base de Schwarzaneck, en Carinthie, mesurée par le général autrichien baron de Zach, et une base de 12,124 mètres, mesurée dans le Frioul, par le même officier, présentent des vérifications tout aussi satisfaisantes. Quant à la base de Rome, sur laquelle Boscowich avait appuyé son opération, la longueur calculée par la base du Tésin diffère de la mesure directe de 3^{m}.90 sur un total de 11,964 mètres. Je ne parle pas ici des données qu'on aurait pu puiser dans le travail de Beccaria, parce qu'on a démontré, depuis quelques années, que ce travail ne mérite aucune confiance ni dans la partie géodésique, ni sous le rapport des observations astronomiques, en sorte qu'il ne doit plus être cité désormais ni pour appuyer ni pour contredire.

On peut conclure, je crois, des vérifications nombreuses et variées auxquelles les triangles de nos ingénieurs géographes ont été assujettis, que le réseau général qu'ils ont étendu sur la surface de l'Italie ne laisse rien à désirer, et qu'il ne pourra y avoir que de très-petites erreurs dans les valeurs des intervalles itinéraires qu'on en déduira.

Passons maintenant aux observations astronomiques.

Les points où nos ingénieurs ont déterminé directement la latitude sont au nombre de trois, savoir : San-Salvatore, Venise et Rimini. A San-Salvatore, ils n'ont observé que la Polaire. La latitude de Venise se fonde sur des observations de β de la Petite-Ourse et d'Antarès; celle de Rimini sur α, β, γ de la Petite-Ourse et Antarès.

A Rimini la Polaire a donné........	44° 3′ 47″.17
β........................	44 3 47 .96
γ........................	44 3 46 .25
Antarès..................	44 3 50 .66
Moyenne......	44° 3′ 48″.01

A Venise (tour de Saint-Marc) on a trouvé : par β de la Petite Ourse..............................	45° 25′ 53″.04
Par Antarès..............................	45 25 56 .68
Moyenne......	45° 25′ 54″.86

212 observations de distances méridiennes du Soleil faites dans le même lieu n'augmenteraient cette latitude que de 0″.2.

A San-Salvatore, enfin, la Polaire a donné 45° 50′ 47″.57.

Je n'ai sans doute pas besoin d'avertir que tous les cal-

culs ont été faits avec la même table de réfraction et avec les mêmes déclinaisons.

Antarès ne paraîtra peut-être pas une étoile heureusement choisie, à cause de son peu de hauteur au-dessus des horizons de Rimini et de Venise. Je ne doute point, cependant, que les personnes qui réfléchiront sur les anomalies que les cercles répétiteurs présentent journellement, même dans les mains des observateurs les plus exercés, ne reconnaissent qu'Antarès donne une beaucoup plus grande certitude aux résultats que ne l'aurait fait une autre étoile située comme β de la Petite-Ourse au nord du zénith. Voici, du reste, sur quoi se fonde ma conviction.

C'est un fait avéré que les observations d'une étoile quelconque, faites à divers jours, par la même personne et avec le même cercle répétiteur, s'accordent parfaitement entre elles. Si donc il y a une erreur dans le cercle, elle est constante. Or, quelle que soit la cause de cette erreur, qu'on veuille l'attribuer à une excentricité, à du temps perdu dans les vis de rappel ou à des irrégularités dans la forme de l'image de l'astre occasionnées par la faiblesse du grossissement de la lunette, il est évident que, si elle tend à agrandir les distances au zénith des étoiles boréales, elle agrandira de même les distances au zénith des étoiles australes. Se tromper en plus sur la distance méridienne au zénith d'une étoile passant au nord du zénith, c'est supposer ce point plus austral qu'il ne l'est, c'est supposer la latitude trop petite. Se tromper en plus sur la distance méridienne d'une étoile située au sud du zénith, c'est, au contraire, donner au zénith une position trop boréale, c'est supposer la latitude trop

grande. En combinant des observations d'étoiles passant au méridien des deux côtés du zénith, on est donc assuré d'avoir la latitude véritable, quelle que soit l'erreur de l'instrument.

Il n'y a rien d'hypothétique dans tout ce que je viens de dire, si ce n'est que l'erreur du cercle est la même pour toutes les inclinaisons de la lunette relativement à l'horizon et pour toutes les étoiles. Si l'on avait des craintes à cet égard, il faudrait s'astreindre à observer les étoiles à peu près également éloignées du zénith vers le nord et vers le midi, et les choisir d'intensités peu dissemblables. Mais quelles erreurs totales ne faudrait-il pas pour qu'un changement dans l'inclinaison de la lunette pût les modifier d'une manière notable? Au reste, il est évident que, si les latitudes fournies par les étoiles boréales et australes différaient entre elles d'une minute, par exemple, on n'aurait qu'un parti à prendre : ce serait de changer d'instrument.

Si M. Coraboeuf, à qui l'on doit principalement les déterminations que j'ai rapportées, n'avait observé que d'un seul côté du zénith, nous aurions à nous demander s'il s'était servi partout du même cercle, si, dans le transport de l'instrument d'une station à l'autre, l'erreur n'aurait pas pu changer, etc., etc. Ces renseignements ne sont inutiles qu'à cause qu'il a observé à la fois des étoiles boréales et des étoiles australes. C'est principalement cette circonstance qui me semble couper court à toute espèce de doute qu'on pourrait élever sur l'amplitude de l'arc céleste compris entre les zéniths de Venise et de Rimini. Toutefois, comme cet arc va nous

conduire aux conséquences les plus singulières, il ne sera pas inutile de chercher à en vérifier la valeur par d'autres observations.

En 1807, M. le baron de Zach détermina la latitude de la tour de Saint-Marc par une série d'observations circumméridiennes du Soleil ; il trouva 45° 25′ 59″.91.

Une série d'observations du Soleil, faites au couvent des Dominicains et réduite à la tour de Saint-Marc, donne 45° 25′ 61″.03.

Deux séries de hauteurs circumméridiennes du même astre faites au palais Moro conduisent, après les réductions convenables, à 45° 25′ 56″.58.

La latitude de la tour de Saint-Marc, d'après le baron de Zach, serait donc 45° 25′ 59″.17.

M. Corabœuf a trouvé 45° 25′ 54″.86.

Il n'est pas probable que la moyenne 45° 25′ 57″.00 soit affectée de plus de 2 ou 3″ d'erreur.

La latitude de Rimini, d'après M. le baron de Zach, est de 44° 3′ 45″.5.

Les observations plus anciennes de Boscowich donnaient 44° 3′ 43″.

Nos ingénieurs ont trouvé 44° 3′ 48″.

La moyenne 44° 3′ 45″.5 doit être exacte à 2 ou 3″ près.

La latitude du dôme de Milan a été déterminée par des astronomes trop habiles pour qu'il soit possible d'élever le moindre doute sur son exactitude. Cette latitude est de 45° 27′ 36″.35.

La latitude de l'Observatoire de Turin n'est pas moins bien connue.

En 1809 M. de Zach trouva, par la Polaire......	45° 3′ 59″.85
par α de l'Aigle....	45 3 60 .43
par le Soleil.......	45 3 59 .22
En 1813 M. Plana a trouvé, par la Polaire.....	45 3 60 .20
Moyenne......	45° 3′ 59″.92

Ces diverses stations étant liées au réseau des triangles des ingénieurs géographes, voyons maintenant comment les déterminations astronomiques et géodésiques s'accordent entre elles.

La latitude de Turin, conclue de celle de Milan,=	45° 3′ 50″.98
L'observation immédiate a donné...............	45 3 59 .92
Différence......	8″.94
La latitude de Venise, déduite de celle de Milan,=	45 25′ 47″.5
L'observation directe a donné..................	45 25 57 .0
Différence......	9″.5
La latitude de Venise, déduite de celle de Rimini,=	45° 26′ 14″.2
L'observation directe donne....................	45 25 57 .0
Différence.......	17″.2
Latitude de Rimini, déduite de celle de Milan.=	44° 3′ 18″.1
Latitude observée............................	44 3 45 .5
Différence......	27″.4

Il semble résulter de toutes ces observations les deux conséquences suivantes :

1° Il y a dans les environs de Milan une cause locale de déviation du fil à plomb, qui transporte le zénith apparent vers le midi, de manière à faire paraître la latitude de cette ville sensiblement plus petite qu'elle ne l'est en réalité ;

2° Il existe près de Rimini une cause analogue de déviation locale, plus forte encore qu'à Milan, mais agissant en sens contraire.

La déviation locale de Milan est encore indiquée par une chaîne de triangles qu'ont mesurés les ingénieurs autrichiens. La latitude que M. le colonel Falon a trouvée, en effet, pour la capitale de la Lombardie, d'après celle de Vienne, surpasse le résultat des observations directes de 19″.

Quant à la déviation en sens contraire du fil à plomb à Rimini, elle résulte aussi de la comparaison qu'il est facile d'établir entre la latitude de cette ville et celle de Rome, à l'aide des triangles de Boscowich.

La latitude de la coupole de Saint-Pierre, d'après les observations faites au Collége romain est de....	41° 54′ 8″.5
En la calculant par celle de Rimini, on trouve...	41 54 18 .8
Quantité dont la latitude calculée surpasse la latitude observée..............................	10″.3

Les différences qu'on avait trouvées jusqu'ici entre les latitudes calculées et les latitudes observées, partout où l'on a déterminé des arcs de méridien ou de parallèle, étaient dans les limites des erreurs dont sont encore susceptibles les mesures exécutées avec les meilleurs instruments. Il n'en est pas de même, comme on vient de voir, des discordances vraiment extraordinaires que présentent les opérations d'Italie. Il y a incontestablement dans ce pays des centres d'attraction particuliers qui agissent avec beaucoup de force. Déterminer expérimentalement le nombre de ces centres, les limites de leurs actions, etc., est un problème curieux et très-digne d'exercer la sagacité des habiles astronomes de Milan, de Turin, de Padoue et de Rome.

Je ne dois pas négliger d'ajouter, en terminant, qu'on

chercherait vainement à expliquer par des erreurs de calcul les discordances sur lesquelles j'ai appelé l'attention des lecteurs. Ces belles opérations ont, en effet, été discutées avec le plus grand soin, d'abord par M. Corabœuf, ensuite par M. Damoiseau : leurs résultats se sont parfaitement accordés. On a aussi soumis les azimuts, observés en divers points du réseau général, à des vérifications qui prouvent que les erreurs dont ces éléments peuvent être affectés, n'ont dû produire aucun effet appréciable dans le calcul des différences de latitude.

SUR LES

OBSERVATIONS DU PENDULE

FAITES PENDANT LE PREMIER VOYAGE DU CAPITAINE PARRY [1]

Les observations destinées à déterminer l'accélération du pendule entre Londres et l'île Melville ont été faites par le capitaine Sabine. La relation du capitaine Parry ne renferme qu'un extrait fort abrégé de ce travail, mais le Mémoire original ayant paru depuis dans les *Transactions philosophiques*, j'y puiserai quelques-uns des détails que je vais rapporter.

M. Sabine s'est servi de deux horloges de Shelton que le capitaine Cook avait déjà emportées dans son voyage autour du monde. Les pendules appliqués à ces horloges sont en cuivre solide, coulés d'une seule pièce et portés par des couteaux d'acier très-dur. Les couteaux reposent sur des agates, auxquelles on a donné une forme concave pour empêcher tout glissement. Chaque appareil, durant les expériences, était suspendu à un support triangulaire en bois de l'invention du docteur Wollaston, et dont la solidité, nous assure-t-on, était à toute épreuve. Pour

1. Note publiée en 1824 dans la *Connaissance des temps* pour 1827.

plus de clarté nous désignerons l'une des horloges par le n° 1 et l'autre par le n° 2.

Avant le départ de l'expédition, en 1819, l'horloge n° 1 faisait à Londres, dans le vide, 86,392.57 oscillations infiniment petites en un jour solaire moyen, la température étant de +7°.2 centigrades. Au retour, en 1820, ce nombre se trouva être de 86,392.34. L'accord de ces résultats montre que les diverses parties de ce premier appareil n'avaient éprouvé aucun changement durant le voyage.

Il en est de même de l'horloge n° 2; car en 1818 le nombre d'oscillations était 86,497.00, et en 1820, après le retour de l'expédition, 86,496.97.

L'accélération de l'horloge n° 1, entre Londres et l'île Melville, pour un changement de latitude de 23° 16′ 4″, s'est trouvée égale à 74.82 oscillations. L'horloge n° 2, dans les mêmes circonstances, a donné 74.65.

Avant de quitter Londres, on eut l'idée de combiner l'horloge n° 1 avec le pendule de l'horloge n° 2 et réciproquement. Les résultats de ces expériences, comparés à ceux des observations analogues faites à l'île Melville, ont donné pour accélérations 75.60 et 74.87 oscillations. La moyenne des quatre résultats est 74.73 et correspond à un aplatissement de $\frac{1}{313^e}$. Le pendule à Londres, sous la latitude de 51° 31′ 8″.4 nord étant de $39^{p}.1393$ anglais ($0^{m}.974107$), doit être à l'île Melville, par 74° 47′ 12″.4 nord, de $39^{p}.207$ ($0^{m}.99573976$).

Les observations de l'horloge n° 2 faites à Londres en 1818, avant le départ du capitaine Ross, et les détermitions obtenues, durant cette première expédition, à l'île

de Brassa (Shetland), latitude 60°9′42″, et à l'île d'Hare (baie de Baffin), latitude 70° 26′ 17″, donnent aussi $\frac{1}{314^e}$ d'aplatissement, de quelque manière qu'on les compare deux à deux. Ajoutons que les observations partielles en très-grand nombre, d'où les résultats moyens ont été déduits, diffèrent à peine, dans les cas extrêmes, de deux oscillations sur plus de 86,000.

Après avoir remarqué le bel accord que présentent les déterminations diverses obtenues par le capitaine Sabine, on aura peut-être quelque raison de s'étonner que je termine cette Note par des observations critiques : voici, au reste, mes objections, le lecteur les jugera.

Pour compter, soit à Londres, soit aux îles Brassa, Hare ou Melville, le nombre des oscillations des pendules en cuivre n° 1 et n° 2, M. Sabine les a adaptés comme régulateurs à des horloges, c'est-à-dire à un assemblage de rouages et de ressorts qui ont dû plus ou moins influer sur la durée de chaque oscillation, et conséquemment sur le nombre total qu'en pouvaient faire les pendules en vingt-quatre heures. En supposant que cette influence ait été la même dans toutes les stations, l'accélération des pendules, dans le passage de Londres aux trois îles où M. Sabine a débarqué, aura été aussi exactement déterminée que si on les avait fait osciller isolément ; mais peut-on, sans scrupule, se prêter à cette supposition ? La marche de l'horloge la plus parfaite ne présente-t-elle pas quelquefois, même du jour au lendemain, des irrégularités sensibles et, après un certain nombre de mois, des changements de plusieurs secondes? Doit-on espérer quelque chose de plus favorable d'un appareil qui n'est

pas resté en place et qu'on a été obligé de monter et de démonter à plusieurs reprises? Le pendule n° 1, adapté à l'horloge n° 1, faisait à Londres 86,392.45 oscillations en un jour solaire moyen; ce même pendule, appliqué à l'horloge n° 2, ne donnait que 86,388.10 oscillations.

On voit donc que les rouages dont ces horloges se composaient n'exerçaient pas une égale influence sur le mouvement du pendule n° 1, et qu'en vingt-quatre heures l'horloge n° 2 occasionnait, relativement à l'autre, un retard d'environ 4 oscillations et demie. J'ajouterai qu'avec le pendule n° 2 cette diversité d'influence des deux horloges était de 48 oscillations en vingt-quatre heures, ou lieu de 4 qu'avait données l'expérience précédente.

On répondra, sans doute, à ces objections en s'étayant d'abord de l'accord des observations partielles, ensuite du peu de différence qu'il y a entre l'aplatissement qui s'en déduit et celui qu'ont fourni les meilleures mesures du méridien et les inégalités lunaires; mais je demanderai à mon tour si l'on aurait rien changé aux idées généralement adoptées sur la figure de la Terre, quand même les observations que je discute s'en seraient fortement éloignées? N'est-il pas, au contraire, évident qu'on aurait expliqué toutes les anomalies par les causes d'erreurs inhérentes à la méthode que M. Sabine a suivie, et dont tout le mérite, ce me semble, consiste dans la facilité des observations. Cette dernière considération est, sans contredit, d'un grand poids, quand il s'agit d'une expédition lointaine et périlleuse; mais outre que, dans ce cas-ci, l'extrême habileté de M. Sabine eût surmonté tous

les obstacles, comme le prouvent la variété et l'exactitude de ses autres mesures, ne peut-on pas affirmer que, dans l'état actuel des sciences, on n'a aucun besoin de travaux contre lesquels se présentent *à priori* des objections graves. A mon avis, des observations, qu'on rejetterait sans scrupule si elles contredisaient les opinions reçues, ne peuvent pas servir à les appuyer.

SUR

LES ÉTOILES MULTIPLES [1]

Les astronomes appellent étoiles doubles, triples, quadruples, etc., des groupes de deux, de trois, de quatre étoiles, etc., très-rapprochées. Ordinairement, dans chacun de ces groupes, les étoiles ont des intensités assez dissemblables. Si l'on suppose que la différence d'éclat dépende, en général, de la différence de distance, en sorte qu'une étoile de 2e ou de 3e grandeur soit deux ou trois fois plus éloignée qu'une étoile de 1re, l'observation de la position relative de ces astres doit fournir les moyens de juger de la valeur de leur parallaxe annuelle. Le déplacement de la Terre dans son orbite amènera, en effet, dans chaque étoile un changement de position d'autant plus fort qu'elle sera plus voisine, et l'écartement angulaire, par exemple, de deux étoiles de grandeurs très-inégales éprouvera tous les six mois des variations sensibles, pourvu que la parallaxe annuelle de la plus

1. Mémoire publié en 1825 dans la *Connaissance des temps* pour 1828. — Dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1834, M. Arago a inséré sur le même sujet une Notice scientifique qui, revue et complétée, est devenue le livre X de l'*Astronomie populaire* (t. I, p. 447 à 494).

brillante ne soit pas au-dessous de toutes les quantités mesurables.

Ce moyen d'apprécier la distance des étoiles à la Terre fut déjà proposé par Galilée; le docteur Long le mit en pratique; Herschel, plus tard, l'adopta à son tour et entreprit un examen général de tous les groupes qui se prêtaient à ce genre de recherches. Bientôt, cependant, les observations lui apprirent que les astres de grandeurs inégales composant les étoiles multiples ne sont pas, comme il l'avait d'abord supposé avec Galilée et le docteur Long, réunis dans une très-petite étendue uniquement par un effet de projection; il découvrit que ces étoiles se trouvent dans une dépendance mutuelle; qu'elles forment de véritables systèmes: qu'elles ont dans l'espace à peu près les mêmes mouvements propres; qu'enfin les petites tournent autour des grandes, comme la Terre, Jupiter, Saturne, etc., tournent autour du Soleil.

Cette découverte est, sans contredit, une des plus intéressantes qu'on ait faites en astronomie dans le XVIIIe siècle. Elle a présenté le système étoilé sous un point de vue entièrement neuf; elle a ouvert un champ de recherches extrêmement vaste et fécond, dans lequel les observateurs pourvus de télescopes suffisamment puissants se hâteront sans doute d'entrer.

Le premier catalogue d'étoiles doubles de sir William Herschel a paru dans les *Transactions philosophiques* des années 1782 et 1785. On trouve l'indication des changements survenus dans les positions relatives de ces astres, depuis 1780 jusqu'en 1801, 1802, 1803 et 1804, dans deux Mémoires de ce grand astronome qui font partie des

volumes des *Transactions* pour 1803 et 1804. M. Struve, directeur de l'Observatoire de Dorpat, s'est occupé depuis, avec beaucoup de succès, de cette intéressante recherche ; enfin, MM. Herschel fils et South viennent de de publier un volume de 400 pages renfermant les résultats détaillés de l'observation de 380 étoiles multiples. Cet important ouvrage, qui a reçu de l'Académie des sciences la médaille fondée par Lalande, servira désormais de point de départ pour toutes les observations analogues. J'ai pensé que les lecteurs de la *Connaissance des temps* ne seraient pas fâchés d'en avoir un extrait sous les yeux ; pour abréger je n'ai cité que les groupes dans lesquels les changements deviennent sensibles après un petit nombre d'années.

Peu de mots suffiront, maintenant, pour rendre les tableaux intelligibles. La première colonne renferme la date de l'observation *moyenne* exprimée en années entières et fractions décimales. On trouve dans la seconde les valeurs correspondantes de l'angle de position. L'angle que l'on appelle ainsi est celui que la ligne menée de la grande à la petite étoile forme avec une courbe parallèle à l'équateur passant par la première. Concevons que cette première étoile occupe le centre d'une très-petite circonférence de cercle, et, pour fixer les idées, supposons, de plus, qu'elle soit au méridien. Dans ce cas, la portion du parallèle de déclinaison contenue dans le cercle pourra être considérée comme rectiligne ; elle formera son diamètre horizontal. Faisons passer par le même centre un diamètre perpendiculaire au précédent ; le cercle sera ainsi partagé en quatre portions égales,

dont deux seront au nord et deux au midi du cercle de déclinaison. De ces quatre portions deux sont plus orientales que l'étoile centrale et passent après elle au méridien ; on les appelle par cette raison les quarts de cercle *suivants*. Les autres, qui arrivent au méridien avant l'étoile, se nomment les quarts de cercle *précédents*. Telle est l'origine des abréviations dont les angles de position sont accompagnés. La première lettre, N ou M, apprend si la petite étoile est au nord ou au midi du diamètre horizontal qui passe par la grande; l'autre lettre, P ou S, montre quand la petite étoile précède la grande ou la suit. Si l'on se rappelle de plus que l'angle de position est toujours compté à partir du diamètre horizontal, on n'éprouvera jamais de difficulté pour porter les astres sur une figure dans leurs véritables positions relatives.

J'ai noté en tête de chaque table, quelles sont les couleurs des deux étoiles. Le lecteur remarquera qu'en général, quand les intensités sont très-différentes, la plus petite étoile a une teinte bleuâtre ou verdâtre prononcée. Ceci s'applique également à un grand nombre de ces astres dont je n'ai pas eu l'occasion de parler dans l'extrait du catalogue, et parmi lesquels je citerai :

Les 35e et 77e............ des Poissons.
La 26e.................... de la Baleine.
γ. .... d'Andromède.
(La petite étoile est d'un vert d'émeraude.)
La 32e.................... de l'Éridan.
ε........................ de Persée.
φ........................ du Taureau.
La 1re.................... du Caméléopard.

La 62^e^	de l'Éridan.
Les 23e et 33e (n)	d'Orion.
δ et les 15e, 201e (Bode)...	des Gémeaux.
La 56^e^	du Cocher.
La 54^e^	du Lion.
La 24^e^	de la chevelure de Bérénice. (Le contraste des couleurs y est très-marqué.)
ι	de la Vierge.
δ	du Bouvier.
ζ	de la Couronne.
β, ν	du Scorpion.
α	d'Hercule.
o	d'Ophiuchus.
α	du Serpent.
ζ, θ	de la Lyre.
o (l'une d'un rouge foncé, l'autre bleue)	du Dragon.
β, φ	du Cygne.
ζ	du Sagittaire.
κ	de Céphée.
La 107^e^	du Verseau.
La 47e et σ	de Cassiopée.

On cite dans les catalogues trois ou quatre groupes formés de deux étoiles ayant l'une et l'autre une teinte légèrement bleuâtre; mais ces astres ont des intensités peu différentes. Je n'ai pas remarqué qu'il existe une seule étoile double, parmi les 700 à 800 qu'on a étudiées, qui soit composée d'une étoile brillante fortement colorée en bleu ou en vert et d'une étoile faible blanche ou rouge. L'inverse a lieu trop généralement pour qu'il ne soit pas naturel d'en rechercher la cause. J'avais pensé un moment que la teinte bleuâtre qu'on observe dans les petites étoiles n'était pas réelle et qu'on pourrait l'attribuer, comme les ombres colorées, à un effet de contraste; mais il faudrait alors que les étoiles brillantes voisines

fussent toujours rouges; or, cela n'est point, et, dans tous les cas, n'exigerait pas moins une explication. Quoi qu'il en soit, il est certain que, dans les groupes en question, les deux étoiles se trouvent dans des conditions physiques différentes. Peut-être la combustion s'y manifeste-t-elle à différents degrés. Peut-être aussi l'un des deux astres commence-t-il déjà à s'éteindre. En peu d'années, suivant toute probabilité, on ne sera plus réduit à présenter sur ces questions de simples conjectures.

η de Cassiopée.

(Les deux étoiles sont très-inégales; la grande est rouge, la petite est verte.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1779.8	....	11″.1	Herschel.
1780.5	....	11 .5	*Idem.*
1782.4	29° 9′ N. S.	.....	*Idem.*
1803.1	19 22 N. S.	.....	*Idem.*
1819.8	9 8 N. S.	10 .8	Struve.
1821.9	7 9 N. S.	8 .8	Herschel et South.

Il résulte de ces observations que la petite étoile paraît tourner autour de la grande de l'orient à l'occident, avec une vitesse angulaire de 0°.51 par an. La durée de la révolution entière serait donc d'environ 700 ans. Puisque les dernières mesures comparées avec celles d'Herschel indiquent une variation de 3″ dans la distance des deux étoiles, l'orbite apparente doit être elliptique.

Les deux étoiles dont se compose η de Cassiopée ont dans l'espace un mouvement annuel commun de 2″ de degré.

m *de Persée.*

(Deux étoiles également brillantes.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1783.46	71° 51′ M. P.	96″.42	Herschel.
1821.91	71 8 M. P.	110 .19	Herschel et South.

L'angle de position n'a pas changé ; mais la distance, s'il ne s'est pas glissé d'erreur dans les mesures de 1783, a considérablement augmenté. Ce groupe mérite de fixer l'attention des observateurs.

ζ *d'Orion.*

(Deux étoiles très-rapprochées, la grande est d'un blanc tirant sur le jauue, l'autre est bleuâtre.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1821.24	57° 48′ M. S.	.....	Struve
1822.12	59 49 M. S.	2″.73	Herschel et South.

Sir William Herschel, en 1782, avait comparé plusieurs fois ζ d'Orion à une étoile très-petite située par rapport à elle à 83° 25′ N. S. En 1822, cet angle s'est trouvé égal à 82° 50′ N. S. : il ne paraît donc pas avoir changé. Quant aux deux étoiles très-rapprochées dont ζ d'Orion se compose, sir William Herschel n'en parle ni dans son catalogue de 1782, ni dans celui de 1785, quoiqu'il soit constant, par ses registres, qu'il a observé l'étoile avec un grossissement de 460 fois.

On est donc conduit à supposer qu'en 1782 les deux étoiles de ζ d'Orion étaient beaucoup plus rapprochées l'une de l'autre, puisque aujourd'hui un grossissement de

133 les sépare distinctement. Un groupe dans lequel on peut espérer de voir une étoile éclipsée par une autre étoile excitera sûrement la curiosité des astronomes.

12e *du Lynx* (étoile triple).

(La 12e du Lynx est un groupe de trois étoiles; l'une que nous appellerons A est de 7e grandeur; la seconde B, très-voisine de A, paraît un tant soit peu plus brillante; la troisième C est de 9e grandeur et d'une teinte bleue bien décidée.)

Position de A *et* B.

Dates.	Angles de position.		Distances des étoiles.	Observateurs.
1782	88° 38′	M. P.	.....	Herschel.
1821.32	69 42	M. S.	.....	Struve.
1822.81	68 39	M. S.	2″.59	Herschel et South.

Position de A *et* C.

Dates.	Angles de position.		Distances des étoiles.	Observateurs.
1782	32° 33′	N. P.	9″.38	Herschel.
1821.32	34 12	N. P.	.....	Struve.
1822.59	36 50	N. P.	9 .85	Herschel et South.

En 40.81 années l'angle décrit par B autour de A est de 22°.74, ce qui donne pour sa vitesse moyenne annuelle, dans le sens rétrograde, 0°.56.

Les changements de position dans ce groupe triple conduisent à supposer que les deux étoiles A et B tournent autour de leur commun centre de gravité, tandis que C reste immobile.

La 38ᵉ des Gémeaux.

(Deux étoiles très-inégales; la brillante est blanche, la petite est bleuâtre.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1783	89° 54′ M. S.	7″.95	Herschel.
1802	86 6 M. S.	.....	*Idem.*
1820	86 18 M. S.	.....	Struve.
1822.67	84 24 M. S.	5 .52	Herschel et South.

Ici le changement s'est fait sentir particulièrement sur la distance angulaire des deux étoiles.

Castor ou α des Gémeaux.

(La plus brillante est de 3ᵉ grandeur, l'autre de 4ᵉ.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1759.8	56° 6′ N. P.	....	Bradley et Maskelyne.
1779.8	32 48 N. P.	5″.3	Herschel.
1791.6	25 6 N. O.	....	*Idem.*
1796.0	13 54 N. P.	....	*Idem.*
1802.0	11 24 N. P.	....	*Idem.*
1813.8	2 54 N. P.	....	Struve.
1817.0	0 0	....	Herschel fils.
1819.1	0 24 M. P.	5 .5	Struve.
1820.7	2 18 M. P.	....	*Idem.*
1821.2	2 54 M. P.	....	Herschel et South.
1823.1	5 0 M. P.	5 .4	*Idem.*

Il résulte de ce tableau qu'en 63 ans l'angle de position a varié de 61°, ce qui donne par an, terme moyen, un mouvement rétrograde de 0°.97. La distance des deux étoiles n'ayant pas changé, l'orbite apparente est un cercle. Si l'orbite réelle était aussi circulaire, le mouvement de rotation de l'étoile serait uniforme ; or c'est là

ce qui ne résulte pas des observations : la vitesse angulaire semble diminuer.

Dans les 20 années écoulées depuis 1759 jusqu'en 1779 on trouve, en effet, un changement de 23°.3.

Dans la période de 22 ans comprise entre 1779.8 et 1802, on a 21°.4.

Enfin, la période de 21 ans écoulée de 1802 à 1823 donne 16°.4.

Tous ces résultats concourent à prouver que l'orbite réelle est elliptique : elle paraît circulaire par un effet de projection.

ζ du Cancer.

(Les deux étoiles sont assez inégales.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.9	88° 16′ M. P.	8″.05	Herschel.
1802.1	81 47 M. S.	.....	*Idem.*
1820.3	71 21 M. S.	.....	Struve.
1821.1	70 1 M. S.	5 .71	*Idem.*
1822.1	68 17 M. S.	6 .24	Herschel et South.

En 40.2 ans le changement dans l'angle de position s'est élevé jusqu'à 23°.4, ce qui donne 0°.58 pour le mouvement rétrograde annuel. La distance semble avoir aussi sensiblement diminué : ce groupe mérite de fixer l'attention des observateurs.

υ du Cancer.

(Deux étoiles de 7ᵉ à 8ᵉ grandeur.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1783	32° 9′ N. S.	moins de 4″	Herschel.
1820.9	55 30 N. S.	....	Struve.
1822	52 13 N. S.	6″.5	Herschel et South.

Le changement annuel de l'angle de position est de 0°.51 dans le sens rétrograde. La distance semble aussi avoir beaucoup varié; l'orbite apparente doit être sensiblement elliptique.

ι *du Cancer.*

(Deux étoiles d'intensités très-inégales; la plus brillante est d'un beau jaune, l'autre bleu d'indigo.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1783.00	39° 54′ N. P.	29″.90	Herschel.
1821.13	37 6 N. P.	......	Struve.
1822.26	37 42 N. P.	29 .38	Herschel et South.

L'angle de position et la distance n'ont pas changé d'une manière sensible. Aussi n'ai-je transcrit ces données que pour avoir l'occasion de consigner ici une observation curieuse puisée dans les manuscrits de sir William Herschel. Le 8 février 1782 ce grand observateur trouva que la petite étoile avait la teinte de grenat foncé ; le 28 décembre 1782, elle lui parut bleuâtre, et le 12 mars 1785 d'une belle couleur bleue.

Régulus.

(Deux étoiles d'intensités très-inégales; la lumière de la plus brillante est blanche, celle de l'autre a une nuance bleuâtre assez prononcée.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.84	35° 5′	2′ 48″.35	Herschel.
1821.21	37 16	2 54 .91	Herschel et South.

D'après ces données, la distance paraît avoir changé de 6″.58, tandis que l'angle de position a peu varié :

les inexactitudes dont, à mon avis, plusieurs mesures de diamètres de planètes données par sir William Herschel sont affectées, me portent à croire que le changement de 6″ dans la distance angulaire des deux étoiles doit être soumis à un nouvel examen.

γ *du Lion.*

(Deux étoiles d'intensités inégales, rougeâtres l'une et l'autre.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1782.71	6° 30′ N. S.	.....	Herschel.
1801.72	4 42 M. S.	.....	*Idem.*
1820.28	8 59 M S.	.....	Struve.
1822.24	8 24 M. S.	3″.24	Herschel et South.

Le moyen mouvement annuel donné par les observations extrêmes est 0°.30 ; ce mouvement s'effectue de l'occident à l'orient.

Outre le groupe dont je viens de donner les éléments, il se trouve deux autres étoiles extrêmement faibles dans le quart de cercle N. P. Leur distance angulaire à γ du Lion n'a pas été exactement déterminée.

ξ *de la Grande Ourse.*

(Deux étoiles qui ont à peu près la même grandeur.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.97	53° 47′ M. S.	environ 4″	Herschel.
1803.08	5 4 M. S.	.....	*Idem.*
1820.01	7 19 N. P.	2″.56	Struve.
1821.75	7 43 M. P.	.....	*Idem.*
1823.29	11 31 M. P.	2 .81	Herschel et South.

Dans l'intervalle de 21.11 années, comprises entre 1781.97 et 1803.08, l'une des étoiles a décrit 48°.72

autour de l'autre ; de là résulte un mouvement annuel de 10°.50.

Durant les 16.93 années écoulées depuis 1803.08 jusqu'en 1820.01 le mouvement total s'est élevé à 177°.75, ce qui correspond à une vitesse moyenne annuelle de 2°.31.

De 1820.01 à 1821.75, le mouvement total a été de 12°.03, d'où on conclut un mouvement annuel de 6°.91.

Dans la courte période d'un peu plus d'une année et demie écoulée entre les observations de M. Struve et celles de MM. Herschel et South, le mouvement total n'a été que de 6°.84, ce qui ne donne, pour le déplacement annuel, que 4°.44.

D'après ces chiffres on voit la vitesse décroître avec rapidité. Des observations faites postérieurement à Passy par M. South ne donnent pas une diminution de vitesse tout à fait aussi forte. Peut-être, à une époque comprise entre 1803 et 1820, le mouvement annuel s'est-il élevé jusqu'à 20 ou 30 degrés. Lorsque les observations auront été continuées sans interruption pendant un temps suffisamment long, on pourra calculer les éléments de l'orbite probablement elliptique que la petite étoile décrit autour de la grande.

γ *de la Vierge.*

(Deux étoiles blanches et d'égale intensité.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1756.0	54° 22′ N. P.	6″.50	Tobie Mayer.
1781.9	40 44 N. P.	5 .70	Herschel.
1803.2	30 19 N. P.	.....	*Idem.*
1820.2	15 15 N. P.	3 .56	Struve.
1822.3	13 24 N. P.	3 .30	Herschel et South.

En 60 ans le mouvement angulaire a été de 41° dans le sens rétrograde. Les changements de distance sont plus que suffisants pour rendre compte des inégalités de vitesse annuelle, si l'on veut supposer l'orbite elliptique.

ε *du Bouvier.*

(La grande étoile est jaune; la petite bleu verdâtre.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.73	35° 7′ N. P.	4″.06	Herschel.
1803.01	44 39 N. P.	.....	*Idem.*
1819.60	54 6 N. P.	4 .96	Struve.
1822.55	52 59 N. P.	3 .93	Herschel et South.

Le mouvement est manifeste et direct. La moyenne donne 0°.44 par an.

δ *du Serpent.*

(Les deux étoiles sont bleues.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1782.99	42° 48′ M. P.	.....	Herschel.
1802.10	61 27 M. P.	.....	*Idem.*
1819.70	67 41 M. P.	3″ 42	Struve.
1820.12	71 0 M. P.	.....	*Idem.*
1821.33	70 37 M. P.	3 .05	Herschel et South.

Le moyen mouvement annuel rétrograde est de 0°.73.

49ᵉ *du Serpent.*

(Les deux étoiles sont blanches et également vives à peu près.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs
1783.18	21° 33′ N. P.	.....	Herschel.
1802.39	32 52 N. P.	.....	*Idem.*
1803.25	35 10 N. P.	.....	*Idem.*
1820.10	46 33 N. P.	.....	Struve.
1823.28	41 57 N. P.	4″.22	Herschel et South.

Le moyen mouvement annuel rétrograde est de 0″.51.

σ de la Couronne.

(Deux étoiles de 6ᵉ et 7ᵉ grandeurs; la plus petite est bleue.)

Date.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.79	77° 32′ N. P.	.....	Herschel.
1802.74	78 36 N. S.	.....	*Idem.*
1819.60	40 0 N. S.	.....	Struve.
1821.30	24 45 N. S.	.....	Herschel et South.
1822.83	18 27 N. S.	1″.45	*Idem.*
1823.47	17 4 N. S.	.....	*Idem.*

Le mouvement angulaire moyen de la petite étoile a été :

de 1781 à 1802..............	1°.14
de 1802 à 1819..............	2 .30
de 1819 à 1823..............	6 .98

Cette rapide augmentation de vitesse a été accompagnée d'une diminution sensible dans la distance des deux étoiles. Herschel, en effet, en 1782, trouvait que la petite étoile était éloignée de la grande d'un diamètre et un quart de celle-ci, quand il employait un grossissement de 227 fois; en 1825 les deux étoiles sont si rapprochées qu'à moins de circonstances atmosphériques très-favorables, leurs disques se touchent. Du reste, cette diminution de distance ne suffit pas pour expliquer l'inégalité de vitesse angulaire : il faut admettre de plus que le mouvement s'effectue dans un plan passant presque par la Terre.

ζ d'Hercule.

Cette étoile, examinée par MM. Herschel et South dans les circonstances les plus favorables, en avril 1821, en juin 1822 et en octobre 1823, avec des grossissements de 133, de 303, de 381 et même de 578, a toujours paru simple, sans élongation quelconque, d'une rondeur parfaite.

Voici maintenant ce que je trouve sur cette même étoile dans le premier catalogue d'Herschel, à la date de 1782 : « Beau groupe composé de deux étoiles très-inégales. La brillante est blanche ; l'autre à une couleur cendrée. Avec un grossissement de 460, l'intervalle qui sépare les bords des deux disques est moindre que le diamètre du petit. »

En 1795 on voyait très-difficilement la seconde étoile ; dans l'année 1802, elle n'était peut-être pas tout à fait éclipsée : en employant un très-fort grossissement, on croyait voir une légère protubérance sur un des points du disque de la grande étoile.

MM. Herschel et South pensent, enfin, que la petite étoile est maintenant complétement occultée par la grande.

μ du Dragon.

(Deux étoiles d'inégale intensité.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.73	37° 38′ M. P.	4″.35	Herschel.
1833.45	49 52 M. P.	.....	*Idem.*
1831.80	60 17 M. P.	3 .91	Struve, Herschel et South.

Le mouvement moyen annuel rétrograde est de 0°.58.

p d'Ophiuchus.

(Deux étoiles d'intensités très-dissemblables; l'une est blanche, l'autre est livide.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1779.77	0° 0	.....	Herschel.
1781.74	9 14 M. S.	4″.49	*Idem.*
1802.34	66 8 N. P.	.....	*Idem.*
1804.42	48 48 N. P.	.....	*Idem.*
1819.63	78 42 M. S.	4 .55	Struve.
1820.23	72 6 M. S.	.....	*Idem.*
1821.31	66 2 M. S.	3 .68	Herschel et South.
1821.72	67 39 M. S.	.....	Struve.
1822.42	64 48 M. S.	4 .85	Herschel et South.
1822.33	63 25 M. S.	.....	*Idem.*
1825.31	53 17 M. S.	.....	South.

Ces observations combinées entre elles donnent des mouvements angulaires annuels très-dissemblables; le moindre est de 1°.04; le plus grand monte à 11°.00. Peut-être s'est-il glissé quelque erreur dans les mesures.

α du Serpent.

(Deux étoiles de grandeurs très-inégales; la plus brillante est blanche, l'autre est bleue.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1781.79	44° 33′ N. P.	environ 4″	Herschel.
1802.34	42 25 N. P.	environ 7″	*Idem.*
1822.95	48 5 N. P.	4″.15	Herschel et South.

L'angle de position a peu changé; la distance, au contraire, si les évaluations de sir William Herschel étaient à l'abri de toute objection, aurait éprouvé des variations sensibles. Elles s'expliqueraient, au reste, très-simplement, en admettant que le mouvement de la petite

étoile s'opère dans un plan passant à peu près par l'œil de l'observateur et qu'elle avait atteint sa plus grande élongation en 1802. Si ces conclusions ont quelque fondement, le groupe d'α du Serpent offrira peut-être un jour le singulier phénomène d'une occultation d'étoile produite par une autre étoile.

δ du Cygne.

Cette étoile a toujours semblé simple, ronde sans allongement appréciable, quelque grossissement que MM. Herschel et South aient employé, quelque favorables qu'aient été les circonstances atmosphériques.

A la date de 1783 cette étoile double, suivant Herschel, se composait d'une étoile brillante, très-blanche, et d'une étoile petite de couleur cendrée tirant sur le rouge. Quand on employait un grossissement de 278, la distance des disques était égale au demi-diamètre du grand.

En janvier 1804 l'astre paraissait allongé ; mais aucun grossissement ne le séparait en deux. A la fin de mai, dans la même année, l'étoile semblait parfaitement ronde. Pourquoi la petite étoile n'est-elle pas maintenant passée au côté opposé de la grande ? est-elle encore éclipsée ? ne se serait-elle pas plutôt évanouie ?

π de l'Aigle.

(Deux étoiles très-rapprochées.)

Dates.	Angles de position.		Distances des étoiles.	Observateurs.
1783.65	34° 24′	M. S.	.....	Herschel.
1802.72	37 32	M. S.	.....	*Idem.*
1823.70	45 27	M. S.	1″.96	Herschel et South.

Le mouvement est manifeste.

61e du Cygne.

(Deux étoiles de la même grandeur.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1753.8	54° 36′ N. S.	19″.63	Bradley.
1778.0	39 2 N. S.	15 .24	Mayer.
1781.9	36 11 N. S.	......	Herschel..
1800.0	19 43 N. S.	19 .26	Piazzi.
1805.0	11 32 N. S.	14 .50	*Idem.*
1812.3	10 53 N. S.	16 .74	Bessel.
1819.9	6 58 N. S.	19 .10	Struve.
1822.9	5 19 N. S.	15 .42	Herschel et South.

On déduit de l'ensemble de ces observations que le moyen mouvement angulaire annuel d'une des étoiles autour de l'autre est de 0°.73 dans le sens direct.

Le mouvement propre annuel de la 61e est de 5″.38 en ascension droite et de 3″.30 en déclinaison. Cela seul est une preuve de la connexion des deux étoiles, car il serait autrement fort extraordinaire qu'elles ne se fussent pas séparées dans l'intervalle de 70 ans. Nous avions espéré, M. Mathieu et moi, d'après la rapidité de ce mouvement, que la 61e offrirait des traces de parallaxe annuelle ; mais, d'après les recherches auxquelles nous nous sommes livrés, cette parallaxe n'est certainement pas d'une seconde.

ζ du Verseau.

(Deux étoiles de la même grandeur.)

Dates.	Angles de position.	Distances des étoiles.	Observateurs.
1779.90	71° 5′ N. S.	4″.56	Herschel.
1781.73	71 39 N. S.	*idem.*	*Idem.*
1782.47	72 7 N. S.	.....	*Idem.*
1802.01	78 3 N. S.	.....	*Idem.*

1819 64	88° 0'	N. P.	.....	Struve.
1820.92	88 19	N. P.	4''.40	*Idem.*
1821.76	88 12	N. P.	.....	*Idem.*
1822.27	89 29	N. S.	4 .99	Herschel et South.

D'après Piazzi, le mouvement propre annuel de ζ du Verseau est de 0''.173, ce qui fait en 42 ans 7''.27. Comme la distance des deux étoiles n'a pas varié dans cet intervalle, il est naturel de supposer qu'elles sont dans une dépendance mutuelle. Le moyen mouvement annuel de rotation d'une des étoiles autour de l'autre est de 0°.45 dans le sens rétrograde.

SUR

LA PARALLAXE DE LA 61e DU CYGNE

Je me suis occupé de la détermination de la parallaxe de la 61e du Cygne dès l'année 1812; j'entrepris cette recherche avec M. Mathieu. Nos résultats furent communiqués au Bureau des longitudes le 20 décembre 1815, mais ils ne furent pas publiés. Ils furent plus tard présentés, le 18 juillet 1825, à l'Académie des Sciences, et je plaçai la Note suivante dans le compte rendu de la séance académique inséré dans le tome XVIII des *Annales de chimie et de physique*, p. 318 :

« M. Arago communique les observations qu'il a faites, de concert avec M. Mathieu, sur la déclinaison de la 61e du Cygne, et d'où il leur paraît résulter que cette étoile, qu'on peut regarder comme une des plus voisines de la Terre, vu la grande rapidité de son mouvement propre, n'a pas cependant une seule seconde de parallaxe annuelle. »

Plus tard, je revins sur ce sujet, d'abord en 1834 dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, et ensuite en 1838 devant l'Académie des sciences. A cette dernière époque, après avoir présenté une analyse détaillée d'une très-intéressante lettre de Bessel à mon illustre ami M. de Humboldt sur la détermination de la parallaxe de cette

étoile à l'aide d'observations héliométriques, je demandais à l'Académie la permission de lui donner lecture de la Note insérée dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* de 1834. Je pensais alors que les astronomes ne seraient pas fâchés de voir que la méthode des distances au zénith absolue, observées au cercle répétiteur, avait donné à peu près le même résultat que les mesures héliométriques de M. Bessel. Voici la Note de l'*Annuaire :*

« D'après l'idée, en général très-plausible, que les étoiles les plus brillantes doivent être les moins éloignées de la Terre, les astronomes s'étaient anciennement accordés à chercher les parallaxes, surtout dans les étoiles de première et de seconde grandeur. Depuis, on a eu quelques raisons de croire que certaines étoiles, peu remarquables par leur intensité, pourraient bien se trouver parmi les plus voisines. Voici d'après quels indices :

« Jadis, on appelait les étoiles, les fixes. Elles ne méritent plus cette qualification. Toutes marchent, en effet, toutes ont un mouvement propre. Je n'entends pas parler ici de ces mouvements de circulation d'une petite étoile autour d'une grande, dont nous nous sommes si longuement occupés; mais d'un mouvement qui, depuis qu'on l'observe, a toujours été dirigé dans le même sens; d'un mouvement destiné, à la longue, à mêler ensemble les étoiles des différentes constellations. Il est naturel de croire que plus ce mouvement propre est fort, et plus l'étoile dans laquelle on l'observe doit être rapprochée de nous. D'après cette base, la 61e du Cygne, qui a un mouvement propre annuel de plus de 5 secondes,

se présentait naturellement comme pouvant offrir des chances de parallaxe sensible.

« Dans cette vue, nous l'observâmes avec beaucoup de soin, M. Mathieu et moi, pendant le mois d'août 1812 et pendant le mois de novembre suivant. La hauteur angulaire de l'étoile au-dessus de l'horizon de Paris, à l'une de ces époques ne surpassa la hauteur angulaire observée à l'autre que de 0.66 de seconde. Une parallaxe absolue d'une seule seconde aurait nécessairement amené entre ces deux hauteurs une différence de 1''.2. Nos observations n'indiquent donc pas que le rayon de l'orbite terrestre, que 39 millions de lieues, soient vus de la 61e du Cygne, sous un angle de plus d'une demi-seconde. Mais une base, vue perpendiculairement, sous-tend un angle d'une demi-seconde, quand on en est éloigné de 412,000 fois sa longueur. Donc la 61e du Cygne est au moins à une distance de la Terre égale à 412,000 fois 39 millions de lieues. Le nombre qui résulte de cette multiplication, indique une distance que la lumière ne pourrait franchir en moins de six ans, quoiqu'elle parcoure, comme tout le monde le sait, environ 80,000 lieues par seconde.

« Un seul mot encore, et j'ai fini. La 61e du Cygne se déplace, tous les ans, en ligne droite, de plus de 5 secondes. A la distance qui nous en sépare une seconde correspond au moins à 80 millions de lieues. Tous les ans, la 61e du Cygne parcourt donc au moins 400 millions de lieues. Naguère, cependant, on l'appelait une étoile fixe! »

Le 7 novembre 1838, le surlendemain du jour où je

remettais la Note précédente sous les yeux de l'Académie, je faisais remarquer, dans la séance du Bureau des longitudes, que les observations héliométriques de Bessel, pour déterminer la parallaxe annuelle des étoiles, offraient l'avantage de ne pas avoir exigé la comparaison de mesures faites à six mois d'intervalle, les unes de jour et les autres de nuit. Même dans une lunette, ajoutai-je, une étoile présente une surface de lumière inégale dans différents sens et mal terminée. Les yeux des observateurs modifient diversement la forme apparente de ces amas de lumière. Suivant que le ciel, que le fond du tableau est inégalement illuminé, les bords irréguliers de l'image peuvent disparaître en partie, et de là vient que les résultats obtenus cessent d'être comparables. Je rappelle ces faits pour expliquer comment les observations, faites par M. Mathieu et par moi, ayant été examinées avec plus de soins que cela n'avait d'abord eu lieu, ont pu conduire à une parallaxe, non pas d'une seconde, mais nulle et même négative dans certains cas, ainsi que je le rapporte dans une Note de l'*Astronomie populaire* (t. I, p. 444). La parallaxe de Bessel, 0″.32 à 0″.35, est celle qui réunit, quant à présent, les plus grandes probabilités d'exactitude; mais elle ne doit aussi être admise qu'avec quelques restrictions, à cause de l'hypothèse relative à l'absence totale de parallaxe dans les étoiles de comparaison.

SUR

L'INVENTEUR DU MICROMÈTRE

OCULAIRE [1]

Le *Philosophical Magazine* du mois de juin 1820, et l'*Edinburgh philosophical Journal* de juillet, ont annoncé que le révérend Dr Pearson avait lu à la Société astronomique de Londres la description d'un nouveau micromètre de son invention, destiné à la mesure des angles très-petits. L'instrument se compose, ajoute-t-on, d'un oculaire à grossissement variable et d'un double prisme de cristal de roche qui est placé, hors de la lunette, sur l'œilleton auquel on adapte les verres colorés pour les observations du Soleil. Cette annonce, je l'avoue, ne m'a pas médiocrement étonné : j'ai néanmoins attendu près de trois mois pour relever tout ce qu'elle renferme d'inexact, dans l'espoir que le Dr Pearson, dont malheureusement j'ai oublié l'adresse, m'épargnerait ce soin; mais les numéros du *Philosophical Magazine* des mois de juillet et d'août, que je viens de recevoir, ne renfermant pas un seul mot relatif à cet

1. Note publiée en 1820, t. XIV des *Annales de chimie et de physique*, p. 434.

objet, je me vois dans l'obligation de présenter moi-même ici l'historique du nouvel instrument.

Le révérend Dr Pearson, dont j'avais fait la connaissance à Londres, il y a quatre ans, vint à Paris en juillet 1819, et, dans une de ses visites à l'Observatoire, me dit qu'ayant été récemment nommé membre de la Société royale, il désirait entreprendre quelque travail astronomique, et justifier par là le choix de cette illustre assemblée. Je lui indiquai l'observation des mouvements des étoiles doubles comme un sujet de recherches qui paraissait promettre d'importants résultats : M. Pearson y avait déjà pensé ; mais les défauts des micromètres destinés à la mesure des petits angles l'avaient, dit-il, empêché jusque là de suivre son idée. Je lui montrai alors un instrument particulier que j'avais fait construire pour mon usage depuis huit ou neuf ans, et qui se prête parfaitement à ce genre de mesures ; je l'appliquai immédiatement à une lunette de Lerebours, et, à défaut d'objets célestes, le temps étant couvert, nous déterminâmes ensemble le diamètre angulaire d'une petite boule qui termine le clocher de Villejuif. M. Pearson parut convaincu, par cette épreuve, que mon nouvel instrument remplirait ses vues, et manifesta, dès ce moment, l'intention de s'en procurer un semblable. M. Fortin, qui jusque-là s'était chargé de les exécuter, étant alors occupé de la construction du grand cercle astronomique de l'Observatoire, j'adressai M. Pearson à M. Soleil, opticien, passage Feydeau, qui, à la même époque, faisait un de ces micromètres pour le célèbre rédacteur des *Annalen der Physik*, le Dr Gilbert, de Leipzig. M. Soleil voulut bien,

à ma prière, accepter cette nouvelle commission, et l'instrument fut livré au savant anglais avant son départ.

Ainsi, M. Pearson a vu chez moi un nouveau micromètre destiné à l'observation des angles très-petits; il a appris à s'en servir en mesurant une mire terrestre (la petite boule du clocher de Villejuif); il en a acheté un semblable chez M. Soleil[1], opticien, passage Feydeau, qui l'avait construit sous ma direction : or, cet instrument, vu, essayé et acheté à Paris, il y a un an, par M. Pearson, est précisément celui dont aujourd'hui les journaux anglais lui attribuent l'invention.

Au reste, il est juste que je fasse remarquer que l'erreur dont je me plains, appartient peut-être exclusivement aux journalistes qui ont rendu compte du Mémoire du Dr Pearson. J'imagine qu'en publiant, sans mon adhésion, la description de l'oculaire micrométrique, ce savant, que je ne connais que sous des rapports honorables, n'aura pas du moins oublié de dire de qui il le tenait. Si je conservais quelque doute à cet égard, j'aurais donné à ma réclamation une toute autre forme. Il m'eût été facile, par exemple, de produire des observations de Saturne et de Mars faites avec le nouveau micromètre, et qui remontent, pour la

1. Si j'ai bonne mémoire, dans l'instrument que M. Soleil a fourni au Dr Pearson, cet artiste, qui généralement ne travaille pas le cuivre, s'était contenté de faire mouvoir l'une des lentilles de l'oculaire composé, sur une coulisse et à simple frottement ; tandis que, dans tous ceux qui sont sortis des ateliers de Fortin, le déplacement de la même lentille s'exécute à l'aide d'un pignon engrenant avec une crémaillère, et se mesure sur une languette extérieure divisée, que parcourt un vernier.

première planète, au mois d'août 1814, pour la seconde au mois d'octobre 1815; de prouver que cet instrument existe dans plusieurs Observatoires : à Varsovie, par exemple, où M. Arminsky l'a transporté il y a environ six ans. J'aurais pu invoquer, en faveur de tout ce que j'avance, le témoignage d'une personne qui a vu M. Pearson essayer le nouvel instrument à l'Observatoire de Paris, et celui de l'artiste qui le lui a fourni, etc. Mais, en accumulant ainsi tant de preuves, je croirais faire injure à M. Pearson. Quand ce savant connaîtra ces lignes, il s'empressera, j'en suis sûre, de repousser lui-même le présent qu'ont voulu lui faire d'imprudents amis.

J'envoyais cette Note à l'imprimerie avec le regret de ne pouvoir pas dire si M. Pearson, dont le Mémoire ne m'est connu que par un extrait très-abrégé, n'avait pas ajouté quelque perfectionnement à mon oculaire micromètre; mais M. Slawinski, jeune astronome polonais, qui arrive de Londres, vient de me montrer un de ces instruments exécuté par Thomas Jones, de Charring-Cross, et je puis affirmer qu'il est exactement semblable à ceux que M. Fortin avait construits pour l'Observatoire de Paris. J'ai seulement quelque peine à concevoir pourquoi les artistes anglais ont cru devoir substituer aux prismes très-minces (1 millimètre), dont on se sert ici, des prismes d'ailleurs construits sur les mêmes principes, mais ayant 10 millimètres d'épaisseur, et qui seraient absolument sans usage avec de très-forts grossissements. J'ajouterai qu'ils ne paraissent pas avoir remarqué, non plus, qu'avec la coupe usuelle

du cristal de roche, les faces du double prisme extérieur ne doivent pas être perpendiculaires à l'axe optique de la lunette, à moins toutefois qu'on ne s'astreigne à n'observer que dans une partie très-limitée du champ. En publiant la description de l'oculaire micromètre[1], j'entrerai, à cet égard, dans tous les détails convenables; je joindrai également au Mémoire quelques-unes des déterminations que cet instrument m'a fournies, en choisissant de préférence les objets, tels que les ombres des satellites de Jupiter, qui, à cause de leur petitesse, ont été jusqu'à présent plutôt soumis à de simples estimes qu'à des mesures directes. Je ne sais si je dois me flatter qu'en considération de l'exactitude que procure l'oculaire micromètre et des nombreuses applications auxquelles il se prête, le lecteur me pardonnera cette longue réclamation; en tout cas, je trouverai mon excuse dans ce passage de Fontenelle dont les astronomes praticiens ont tous les jours l'occasion de sentir la justesse : « Ce qui n'est, dans l'astronomie, que de pratique et de détail est d'une extrême importance; et la manière d'observer, qui n'est que le fondement de la science, est elle-même une grande science. »

1. Voir *Astronomie populaire*, t. II, p. 77. — Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 19 octobre 1814 contient la mention de la présentation par M. Arago du micromètre prismatique oculaire à grossissement variable.

SUR

QUELQUES INSTRUMENTS

ET OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

I

Dans la séance du Bureau des longitudes du 25 novembre 1812 j'ai proposé la méthode suivante pour la vérification du cercle mural par un appareil de réflexion placé devant l'objectif :

A l'aide d'un miroir diversement incliné, placé devant l'objectif de la lunette du mural, on pourrait successivement mesurer la distance de deux étoiles sur différents points du limbe et apprécier ainsi les erreurs de la division du cercle.

II

Dans la séance de l'Académie des sciences du 8 avril 1816 M. Rochon a présenté un objectif de Dollond, d'environ 3 pouces et demie ($0^{m}.095$) de diamètre, qui avait été cassé et qu'il a rétabli en le collant avec de la térébenthine.

Cet objectif était triple et achromatique ; l'une des deux lentilles de crown-glass s'était brisée en un très-grand

nombre de fragments, dont plusieurs furent égarés; l'autre était intact : quant à la lentille de flint-glass, elle se compose de vingt-deux segments triangulaires d'inégale grandeur et qui aboutissent à peu près à son centre. Ces segments, rajustés le mieux qu'il a été possible, ont été placés sur la première lentille de crown-glass; une nouvelle lentille de la même espèce de verre et travaillée sur des courbures convenables remplace celle dont on n'a pu réunir les débris. De l'essence de térébenthine a été introduite entre les surfaces des trois verres juxta-posés, tant pour diminuer les effets des irrégularités du travail des surfaces que pour maintenir dans une position invariable les divers fragments du verre intermédiaire. Cet objectif, dont j'ai eu l'occasion de me servir, produit un effet beaucoup meilleur qu'on n'aurait osé l'espérer, vu le grand nombre de pièces dont il se compose : il était surtout à craindre que chacune des vingt-deux portions de la lentille intermédiaire de flint-glass ne fournît une image particulière, comme le font les deux segments de l'objectif dans l'héliomètre, et qu'on n'aperçût, soit des images multiples, soit une image diffuse produite par la superposition partielle de plusieurs images focales plus ou moins séparées; mais telle est la justesse avec laquelle il a été possible de réunir les petits fragments de flint-glass, qu'on ne distingue pas de double image, lors même que l'instrument est dirigé vers une mire très-déliée, telle, par exemple, qu'une tige de paratonnerre qui ne sous-tend pas un angle de plus de 5″. Il me paraît, du reste, assez douteux qu'on eût aussi complétement réussi s'il avait fallu remplacer à la fois les deux lentilles

de crown-glass. Quoiqu'il en soit, cet essai doit suffire pour prouver aux observateurs que les fragments d'un bon objectif peuvent avoir quelque valeur, et qu'il est possible qu'un artiste habile, dans quelques circonstances du moins, en tire un assez bon parti.

III

J'ai indiqué dans la séance du Bureau des longitudes du 11 août 1819 un moyen commode pour rendre plus faciles les observations des étoiles. On se sert pour cela d'un prisme qui corrige les aberrations de réfrangibilité qui existent dans l'œil. Ce prisme transforme l'étoile en un spectre horizontal pour les distances zénithales, ou en un spectre vertical quand il s'agit des passages au méridien. Le pointé devient extrêmement aisé, et le fil est toujours bien visible sur l'image de l'étoile.

IV

Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes, du 30 juillet 1823, contient la communication suivante :

« M. Arago s'est servi d'une tourmaline pour enlever, du champ éclairé sur lequel de petites étoiles se projettent, toute la portion de lumière polarisée qu'il renferme : il propose de se servir de ce même moyen pour affaiblir graduellement jusqu'à l'extinction la lumière qui sert à éclairer latéralement les fils de la lunette méridienne. »

V

Dans la séance du 12 mars 1828 j'ai annoncé au Bureau des longitudes avoir reconnu la nécessité, pour rendre les observations comparables, d'éclairer les microscopes de la même manière le jour et la nuit. Une seule lampe d'Argant m'avait suffi pour cela.

VI

Le procès-verbal de la séance de l'Académie des Sciences du 2 mars 1835 contient la communication suivante :

« A l'occasion de ce fait, M. Arago cite des épreuves faites par M. Olbers, en Allemagne, et qui avaient donné un résultat négatif. M. Arago croit, au reste, comme M. Biot, qu'il n'est pas établi que personne ne peut voir les satellites de Jupiter sans le secours de lunettes. Le quatrième satellite est aussi brillant que les étoiles de sixième grandeur. Si donc on ne l'aperçoit pas dans ses plus grandes digressions, c'est qu'alors même il est plongé dans les rayons lumineux provenant de la planète, et dont les images imparfaites des objets petits, brillants et éloignés sont ordinairement accompagnées, quand on les observe à l'œil nu. Faisons disparaître ces rayons, dit M. Arago, et il n'est peut-être pas impossible qu'un œil humain soit assez parfait pour donner naturellement une image ainsi dépouillée à bords tranchés, et les satellites seront facilement aperçus. Il existe un moyen, ajoute M. Arago, de soumettre cette idée à une

expérience décisive. Il consisterait à observer Jupiter avec une petite lunette qui ne grossirait pas. On se placerait ainsi, à volonté, dans les conditions de l'œil sans rayonnements dont nous venons de parler, puisque les quantités absolues de lumière pourraient être changées à volonté. M. Arago a fait construire, pour une autre recherche, une lunette de cette espèce. Il sera facile d'en faire l'essai, car Jupiter est maintenant sur l'horizon le soir. »

VII

Dans une communication faite au Bureau des longitudes, le 20 mars 1839, j'ai cité les observations que j'avais exécutées sur les phénomènes d'irradiation. J'avais successivement amené les images dédoublées d'un disque, d'abord jusqu'à laisser entre elles encore avec évidence une ligne noire déliée, puis jusqu'à empiéter quelque peu l'une sur l'autre. Les sommes des diamètres devaient dans les deux cas différer du double de l'irradiation augmenté de la ligne noire dans le premier cas et de la ligne brillante dans le second. Je n'ai pas trouvé une seconde.

VIII

En 1838, M. Capocci, le savant directeur de l'Observatoire royal de Naples, a mis sous les yeux de l'Académie des sciences plusieurs instruments destinés à enrichir ce bel établissement. Le premier est un photomètre dont M. Capocci se propose de faire usage dans la détermination des grandeurs relatives des étoiles. L'image de com-

paraison résulte de la réflexion de la lumière d'une petite bougie sur une boule sphérique en acier. Des diaphragmes à ouvertures variables servent à graduer convenablement les intensités. En substituant une boule d'ivoire à la boule métallique, l'auteur espère obtenir des images assez analogues au noyau et à la chevelure des comètes, pour être à même d'étudier les changements de forme et d'intensité de ces astres mystérieux plus exactement qu'on n'a pu le faire jusqu'ici.

Les verres colorés, présentés par M. Capocci, sont des combinaisons dans lesquelles, en profitant des belles découvertes de M. Melloni, on a trouvé le moyen d'arrêter presque en totalité les rayons calorifiques qui, mêlés à la lumière et formant foyer en même temps qu'elle, rendent les observations du Soleil si pénibles.

Le troisième instrument est un micromètre destiné à l'observation des comètes faibles. Les repères consisteraient en quatre petites aigrettes électriques, situées aux pointes de quatre fils métalliques placés deux à deux en regard. M. Capocci a aussi l'intention de se servir d'un fil très-fin, qui sera rendu lumineux par un couple voltaïque placé à côté de l'oculaire. M. Savary et moi, nous avions, chacun de notre côté, songé à cette dernière combinaison, et nous en avons parlé dans nos cours. J'avais renoncé à la faire exécuter par la crainte, peut-être mal fondée, que le petit fil incandescent ne donnât lieu à des courants d'air susceptibles de nuire un peu à la netteté des images.

IX

Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 17 juin 1840 contient ce passage : « M. Biot rappelle un fait signalé par M. Arago dans les observations des distances au zénith. M. Arago remarquait la nécessité d'observer non-seulement des étoiles au nord et au sud, mais des étoiles d'intensités égales. M. Arago ajoutait que les lunettes à court foyer renferment plus de causes d'erreur que les lunettes dont le foyer est plus long. M. Biot émet le désir que ces observations soient connues avec plus de détails. Elles lui paraissent s'accorder complétement avec la cause qu'il leur assigne. »

Le procès-verbal de la séance suivante, en date du 24 juin, ajoute ce qui suit : « M. Arago reprend la discussion que M. Biot avait soulevée dans la dernière séance relativement à l'effet des lunettes. M. Arago a trouvé que la lumière confuse dont se compose l'image d'une étoile est d'autant moins étendue que le grossissement est plus fort ; que le grossissement atténue l'effet de la présence de rayons qui, dans une lunette très-faible, subsistent encore comme à l'œil nu. Mais de plus ces rayons dépendent de la conformation de l'œil. Telle personne les voit également tout autour de la véritable position de l'étoile, telle autre les voit en plus grande quantité au-dessous qu'au-dessus de l'étoile, telle autre plus à droite qu'à gauche. Cet effet peut donc produire une erreur qu'on atténuera d'autant mieux qu'on augmentera davantage le grossissement, ou qu'on placera plus exactement la

lunette au foyer. Ainsi, sans qu'il y ait flexion des lunettes, par la seule forme des images, on obtient des erreurs dans une latitude, quand on n'observe que d'un côté du zénith. »

X

Le 30 décembre 1840, dans la séance du Bureau des longitudes, on parla de l'agrandissement des images des étoiles qui résulte de l'emploi d'un objectif réduit par un diaphragme.

Cet agrandissement ne s'observe point quand on examine une planète. On ne voit pas non plus, autour des disques de ces astres, la série d'anneaux lumineux et obscurs qui entourent le noyau rond et lumineux d'une étoile.

J'ai expliqué que cela peut dépendre de ce que les anneaux obscurs, provenant des divers points du contour du disque, sont remplis par les anneaux lumineux correspondants à des points intérieurs, et réciproquement. D'après cette explication on rendrait compte, par la juxta-position des anneaux, de l'auréole blanchâtre dont les images focales des planètes paraissent toujours entourées.

XI

Le 8 septembre 1841, j'ai exposé au Bureau des longitudes le projet que j'avais conçu d'observer les étoiles doubles en les faisant réfléchir sur un miroir mobile situé près de l'oculaire.

XII

Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 7 février 1844 contient ces lignes : « M. Arago a constaté de nouveau qu'un cercle prend une forme elliptique notablement allongée avec son œil droit, et une forme plus aplatie dans le même sens vertical avec son œil gauche. »

XIII

Les essais suivants ont été faits à l'Observatoire de Paris en 1844 pour éprouver la lunette de M. Lerebours, de 38 centimètres (14 pouces) d'ouverture:

L'étoile verdâtre du groupe γ d'Andromède a été nettement dédoublée, comme à Poulkova. De temps à autre, on a vu Saturne d'une manière très-satisfaisante, même avec un grossissement de plus de 1,000 fois. Enfin, ce même grossissement, appliqué à l'observation de la Lune, a fait voir que tout n'est pas dit, tant s'en faut, touchant la constitution physique de notre satellite. Il est bien à désirer que ce grand objectif soit bientôt établi sur un tuyau pouvant suivre le mouvement diurne à l'aide de rouages convenables.

SUR DE

NOUVEAUX MOYENS D'ÉCLAIRER

LES FILS DES RÉTICULES ET DES MICROMÈTRES [1]

La comète découverte par M. Hind le 5 février dernier est très-faible, très-difficile à observer. Quand on éclaire les fils de micromètre suivant les procédés ordinaires, l'astre disparaît; quand, au contraire, la nébulosité est perceptible, les fils ne se voient qu'avec une peine infinie. Les circonstances ont reporté mes pensées sur des projets que j'avais formés, il y a plus de vingt-cinq ans, pour arriver à éclairer les fils des micromètres, des réticules, aussi faiblement, aussi instantanément que cela peut être nécessaire, et en laissant le reste du champ dans une complète obcurité.

J'avais d'abord pensé à me servir de fils diaphanes, de fils de verre, éclairés par une lampe, latéralement, c'est-à-dire dans le sens de leur longueur. L'essai ne répondit pas à ce qu'on pouvait en attendre.

L'idée d'appliquer l'électricité à l'éclairage des fils métalliques en platine me vint à l'esprit lorsque Wollaston eut inventé un appareil dans lequel un fil très-fin et

1. Note communiquée à l'Académie des sciences, le 1er mars 1847.

excessivement court devenait lumineux par l'action d'un couple voltaïque, en quelque sorte microscopique, qu'on plongeait dans une dissolution acide très-faible. J'ai présenté à l'Académie cet appareil. J'en étais redevable à l'amitié de l'illustre chimiste anglais, qui voulut bien le faire fonctionner sous mes yeux et ceux de M. Gay-Lussac pendant un voyage que nous fîmes en Angleterre.

Depuis cette époque j'ai souvent reproduit mon idée, dans mes cours publics et aux séances du Bureau des longitudes, mais en remarquant, d'une part, qu'il restait à trouver un moyen simple et prompt de faire varier l'intensité lumineuse du fil, et, de l'autre, à s'assurer que les images des objets éloignés, placées près du fil incandescent, ne seraient pas ondulantes[1]. Le moyen d'affaiblir et de faire, à volonté, renaître rapidement l'incandescence d'un fil de platine, existant maintenant dans plusieurs appareils du célèbre M. Wheastone, l'essai du nouveau réticule ne pouvait plus être différé. M. Froment, à qui j'en avais confié l'exécution, a montré dans ce petit travail tout ce qu'on pouvait attendre d'un artiste à la fois si instruit et si ingénieux. Les fils passent, presque subitement, de l'obscurité absolue à une vive

1. A l'issue d'une de mes leçons, j'appris de M. Savary que cet ingénieux et si regrettable physicien avait, lui aussi, songé à cette application des courants voltaïques Enfin, en 1838, le savant directeur de l'Observatoire de Naples. M. Capocci, sans avoir eu connaissance de ce qui avait été divulgué en France, annonça qu'il se proposait de soumettre la même idée à l'épreuve de l'expérience. Nous n'avons pas appris que M. Capocci ait donné suite à son projet (Voir précédemment page 215).

incandescence, et réciproquement; on obtient toutes les intensités intermédiaires avec une égale facilité, avec la même promptitude. Le fil, attaché à des ressorts convenables, reste rectiligne, malgré les énormes changements de température qu'on lui fait subir. Je me suis enfin assuré, par une expérience directe, faite, il est vrai, avec un faible grossissement, que des images placées très-près du fil rouge n'ondulent pas sensiblement, et qu'elles n'éprouvent point de déviation permanente s'élevant à une seule seconde.

Pendant que M. Froment travaillait à la construction du nouveau micromètre, mon ami, M. Breguet, voulait bien, à ma prière, chercher à réaliser une autre solution du problème. Je désirais me servir d'un fil rendu rouge par l'électricité galvanique, pour éclairer les fils d'un réticule ordinaire. Ce fil éclairant étant très-mince, je demandais qu'on le plaçât dans le porte-oculaire même, de telle sorte qu'il éclairât les fils du réticule par leurs côtés tournés vers l'observateur, et que ceux des rayons lumineux que ces fils n'auraient pas arrêtés, allassent s'absorber sur le vernis noir intérieur du tuyau de la lunette, ou s'échapper par l'objectif. Je voulais, en un mot, substituer une lumière électrique à celle de la lampe dont Frauenhofer faisait usage dans un de ses ingénieux micromètres. La minceur du fil éclairant devait fournir les moyens de mettre les lentilles de l'oculaire entièrement à l'abri de tout fâcheux reflet. M. Breguet a adopté une disposition différente et bien préférable, suivant toute apparence.

Il a fendu transversalement le tuyau du porte ocu-

laire. C'est au-dessus de la fente, en dehors du tuyau et dans un plan intermédiaire entre la lentille de l'oculaire et le fil du réticule, qu'il a placé son fil éclairant. Cet expédient a complétement réussi.

Il est inutile de dire que là aussi, on peut réduire ou augmenter à volonté, et dans un temps inappréciable, le pouvoir éclairant du fil, et qu'à l'aide de certaines dispositions les fils aboutissant à la pile ne gênent en rien l'observateur. Tout porte donc à croire que la pile de Volta, dont on a fait déjà de si nombreuses, de si belles, de si singulières applications, figurera prochainement, comme un auxiliaire utile, dans les instruments astronomiques.

SUR

UN MICROMÈTRE OCULAIRE

A DOUBLE RÉFRACTION [1]

Rochon, de l'ancienne Académie des sciences, imagina le premier de faire servir la double réfraction à la détermination des très-petits angles. Il plaça un prisme de cristal de roche achromatisé dans l'intérieur de la lunette. A l'aide de son mouvement de translation rectiligne, depuis l'oculaire jusqu'à l'objectif, ce prisme permettait de mesurer tous les diamètres des planètes ou des étoiles, compris entre zéro et l'angle formé par les deux rayons ordinaire et extraordinaire, à leur sortie du prisme achromatique.

J'ai fait un long usage de cet instrument. Il m'a servi dans plus de trois mille déterminations de diamètres de planètes. Toutefois, plusieurs inconvénients s'étaient manifestés : l'achromatisme du prisme ne pouvait être parfait pour les deux images à la fois; avec de très-forts grossissements, ce défaut devenait intolérable; d'autre part, quand le prisme se trouvait très-près de la lentille ocu-

1. Note communiquée à l'Académie des sciences, dans la séance du 15 mars 1847.

laire, pour la détermination du zéro de l'échelle ou pour la mesure des plus petits angles, les moindres imperfections du cristal ou du travail des surfaces étaient considérablement grossies; enfin, pour tout dire en deux mots, il était fâcheux d'introduire dans la lunette une pièce qui en altérait inévitablement la bonté.

J'ai remédié à cet inconvénient, il y a déjà bien des années, en plaçant le prisme à double réfraction en dehors de la lunette, en l'établissant entre l'oculaire et l'œil, à l'endroit même où s'appliquent les verres colorés quand on observe le Soleil. Alors la tangence des deux images s'obtenait en faisant varier le grossissement de la lunette à l'aide d'un changement dans la distance des deux lentilles de l'oculaire composé.

Ce changement de distance n'était pas sans inconvénient; il fallait, après chaque altération dans la position des deux lentilles, se remettre au foyer. Ajoutons que, pour avoir le meilleur effet possible de l'oculaire double, il est nécessaire que les deux lentilles dont il se compose soient à une distance déterminée; qu'en deçà et au delà de cette limite, les images perdent un peu de leur netteté; qu'enfin ce procédé micrométrique est sans application possible quand on veut faire usage d'oculaires simples et de très-forts grossissements.

Dans la disposition définitive que j'ai adoptée, toutes ces difficultés s'évanouissent[1]. Le prisme est toujours en dehors, ses défauts ne sont jamais amplifiés. Le grossissement est invariable; les plus courts oculaires simples,

1. Voir *Astronomie populaire*, t. II, p. 79.

les oculaires biconcaves, trop négligés aujourd'hui, peuvent être employés. Des prismes un peu plus larges que la pupille, formant une série continue et se succédant, depuis les plus petits écartements des rayons ordinaires et extraordinaires jusqu'aux plus grands ; se succédant par des variations de 30 secondes et même de 15 seulement, sont fixés, par séries de cinq, dans les ouvertures de pièces de cuivre, dans des *fiches* susceptibles de se mouvoir le long d'une rainure pratiquée sur la pièce qui sert à adapter tout le système au porte oculaire d'une lunette ou d'un télescope quelconque. L'astronome n'a plus, en faisant passer la fiche devant ses yeux, qu'à chercher quel est le prisme qui lui donne deux images tangentes de l'objet qu'il observe; il divise ensuite l'angle séparatif de ce prisme par le grossissement de la lunette.

Quelquefois, un des prismes n'ayant pas assez séparé les images, le suivant les séparera trop. On n'aura donc que deux limites pour le diamètre cherché : ce sera leur moyenne qu'il faudra adopter. Voyons à combien se montera l'incertitude :

Avec des prismes se succédant par quinzaines de secondes et un grossissement de 200, chaque mesure ne diffère de celle que le prisme précédent aurait donnée, que de $\frac{15''}{200}$ ou de $\frac{7}{100^{es}}$ de seconde; l'incertitude de la moyenne n'irait guère qu'à $\frac{4}{100^{es}}$, quantité entièrement négligeable.

On a fait usage à l'Observatoire de Paris de cette forme nouvelle du micromètre oculaire à double réfraction, depuis plusieurs années.

Je dois rendre pleine justice à l'habileté vraiment remarquable que M. Soleil a déployée dans l'exécution de la longue suite de prismes, en quelque sorte microscopiques, qui sont incrustés dans les fiches du micromètre. L'habileté devait être ici, et elle a été effectivement accompagnée d'une grande modération dans les prix.

SUR

L'OBLIQUITÉ DE L'ÉCLIPTIQUE

ET L'EXISTENCE D'UNE COLLIMATION INDIVIDUELLE [1]

L'obliquité de l'écliptique est un des éléments fondamentaux de l'astronomie. Elle joue un rôle capital dans la transformation des ascensions droites et des déclinaisons en longitudes et en latitudes; elle varie sans cesse de grandeur. Les géomètres ont rattaché analytiquement cette variation à d'autres éléments de notre système solaire, dont elle servira à déterminer la valeur. En faut-il davantage pour faire sentir l'importance du travail que MM. Eugène Bouvard et Victor Mauvais viennent d'exécuter ?

Les auteurs des deux Mémoires ont discuté les observations solsticiales d'été et d'hiver, faites à l'Observatoire de Paris dans les années 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840 et 1841. En prenant les observations des six dernières années qui, ayant été calculées en double, ne sauraient laisser d'incertitude, nous avons douze détermi-

1. Rapport sur deux Mémoires présentés l'un par M. Eugène Bouvard, l'autre par M. Victor Mauvais, lu à l'Académie des sciences le 21 novembre 1842, au nom d'une Commission composée de MM. Damoiseau, Liouville, et Arago rapporteur.

nations de l'obliquité de l'écliptique : six d'hiver et six d'été. Le résultat moyen, rapporté au 1er janvier 1841, est :

23° 27′ 35″.56.

Une seule des douze obliquités, celle de l'hiver de 1838, diffère de la moyenne de près d'une seconde (0″.85). Les autres discordances atteignent à peine une demi-seconde [1].

Il ne suffit pas, pour arriver à un semblable accord dans les recherches astronomiques, de pouvoir disposer de bonnes observations; il faut encore savoir faire la part exacte de toutes les causes d'erreurs contre lesquelles les observateurs doivent sans cesse lutter. Les auteurs des deux Mémoires se sont montrés, sous ce rapport, parfaitement au courant de toutes les branches de la science. L'aberration, la nutation, la réfraction, ont été empruntées aux meilleures tables; les distances polaires des étoiles employées dans le calcul des collimations du cercle mural sont les plus précises qu'il fût possible de choisir. Des astronomes praticiens très-exercés pouvaient seuls

1. Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 23 juin 1813 constate que M. Arago a expliqué, par la dispersion de la lumière et l'absorption particulière de certains verres colorés, la différence entre les obliquités déduites des observations faites au solstice d'été et au solstice d'hiver. Le procès-verbal de la séance du 7 janvier 1818 ajoute que M. Arago a montré qu'il fallait aussi tenir compte, dans l'explication des différences observées dans les solstices, du changement de température de la lunette; qu'il a fait voir les influences exercées par la température sur la longueur de la lunette du quart de cercle mural, influences jusqu'ici négligées et qui ont pour effet de modifier la distance focale des lunettes.

sentir toute l'importance des variations de température dans les lectures faites aux six microscopes, et emprunter convenablement à l'expérience les éléments de cette correction délicate. Ajoutons enfin que nos jeunes astronomes ont eu égard à une cause d'erreur qui jusqu'ici n'avait jamais figuré dans aucun travail analogue ; nous voulons parler d'une collimation individuelle, d'une correction de pointé qui varie d'un observateur à l'autre et, pour un même observateur, suivant l'œil dont il fait usage.

Il y a longues années, l'existence d'une collimation individuelle avait été signalée, par l'un des membres de cette Académie [1], comme l'explication naturelle des grandes différences que Méchain avait trouvées à Mont-Jouy et à Barcelone, entre les latitudes déduites de l'observation des étoiles boréales et celles qui résultaient des étoiles situées au midi. La collimation individuelle pouvait seule donner également la clef des variations paradoxales et constantes que MM. de Humboldt, Mathieu et Arago trouvaient pour la latitude de Paris [2], à la suite du plus léger déplacement dans la position de l'objectif de la lunette de leur cercle répétiteur, ou, ce qui revient au même, avec une imperceptible déformation dans les images des étoiles observées. Cette hypothèse, malgré les considérations optiques

1. En 1810 et 1813 par M. Arago. — Voir précédemment Mémoire sur les cercles répétiteurs, p. 120.

2. Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 25 avril 1810 contient le passage suivant : « *Latitude de Paris déterminée avec un petit cercle répétiteur, par MM. de Humboldt, Mathieu et Arago.* — Cette latitude varie avec la distance focale de l'objectif, quand ce sont MM. de Humboldt et Arago qui observent, et elle ne varie pas quand c'est M. Mathieu qui vise à l'étoile.

qui semblaient lui donner du poids, ne prit pas faveur. Plusieurs astronomes célèbres la combattirent. M. Gauss, entre autres, si nous sommes bien informés, l'examina avec quelque sévérité dans la *Gazette littéraire* de Leipzig. Ce fut en discutant plusieurs de ces critiques devant le Bureau des longitudes qu'un de vos commissaires indiqua un moyen infaillible de trancher la difficulté [1]. Il proposa d'observer successivement les étoiles avec la lunette du cercle mural, d'abord dans la position ordinaire du corps de l'observateur et immédiatement après dans la position renversée. Pour une étoile voisine du zénith cela devait revenir à viser, en se couchant sur le dos, tantôt avec les pieds et la face tournés vers le midi, tantôt avec les pieds et la face tournés vers le nord. En choisissant une étoile voisine de l'horizon, il aurait fallu l'observer une première fois les pieds en bas, une seconde fois les pieds en haut. Comme de raison, les seules observations zénithales ont été tentées. En voici les résultats :

M. Victor Mauvais, quand il fait face au nord, trouve toujours 5″ de moins pour les distances polaires des étoiles que lorsqu'il fait face au sud.

Dans les mêmes positions, M. Eugène Bouvard arrive

On s'est assuré que cette variation de latitude ne peut pas dépendre d'une flexion de la lunette dans le passage de la deuxième observation à la troisième, car par l'intermédiaire des alidades la lunette était fixée sur deux points à ce moment-là. M. Arago explique les faits observés en remarquant que les étoiles vues à l'œil nu ont des formes très-irrégulières et que quelque chose de cette irrégularité subsiste dans les images fournies par les lunettes d'un faible grossissement. » Voir précédemment le développement de cette théorie dans le Mémoire sur les cercles répétiteurs, p. 128.

1. M. Arago.

à des discordances de 2″.7, mais en sens contraire.

Pour M. Laugier, la différence s'élève à 0″.5 seulement, et dans le sens de M. Bouvard.

Comme on vient de le voir, les observations de M. Mauvais exigent une correction de 5″, quand on veut comparer les visées boréales à celles qui sont dirigées de l'autre côté du zénith. Eh bien, si le même astronome se sert de son œil gauche au lieu de son œil droit, aucune correction n'est nécessaire.

Les 2″.7 de correction que M. Eugène Bouvard doit appliquer à ses observations du nord pour les faire concorder avec les observations du midi ne sont plus nécessaires si, au lieu de placer son corps dans le plan du méridien quand il vise aux étoiles, cet observateur se couche perpendiculairement à ce plan.

Nous espérons que dans peu de semaines il sera présenté à l'Académie un Mémoire qui dévoilera les causes physiques de ces désolantes et si singulières anomalies. En ce moment, il nous suffira de faire remarquer combien les observations discutées dans les deux Mémoires auraient été discordantes, si l'on n'avait pas eu égard aux collimations personnelles et distinctes de chacun des astronomes de l'Observatoire de Paris.

Les travaux dont nous venons de donner l'analyse nous semblent très-dignes de l'approbation de l'Académie. On y remarque une discussion sévère, approfondie des observations, et le premier exemple d'un genre de correction dont jusqu'ici on ne s'était pas avisé. Le résultat est d'ailleurs important et d'une rare précision. Nous demanderions donc à l'Académie que les deux

Mémoires fussent insérés dans les volumes des *Savants étrangers,* si nous n'étions informés qu'ils doivent faire partie du grand recueil d'observations astronomiques que le Bureau des longitudes publie.

MÉMOIRE

SUR

UN MOYEN TRÈS-SIMPLE DE S'AFFRANCHIR

DES ERREURS PERSONNELLES

DANS LES OBSERVATIONS DES PASSAGES DES ASTRES AU MÉRIDIEN [1]

Dans les discussions qui se sont élevées dernièrement au sein de l'Académie, sur l'exactitude avec laquelle on peut déterminer les latitudes [2], il s'est présenté de fréquentes occasions de parler des erreurs personnelles des observateurs dans la mesure des distances au zénith et des moyens d'y remédier. Je me propose aujourd'hui, dans la Note qui suit, de traiter des erreurs personnelles très-considérables, et beaucoup plus singulières, que les astronomes ont rencontrées dans la mesure des ascensions droites. Je donnerai, en terminant, les moyens d'annuler cette seconde catégorie d'erreurs.

Pour peu qu'on soit initié aux méthodes astronomiques, on sait qu'une pendule sidérale, bien réglée, sert

1. Mémoire lu dans la séance de l'Académie des sciences du 14 février 1853.

2. Voir précédemment p. 138 à 148.

à la mesure des ascensions droites. Une lunette, placée dans le plan du méridien et mobile autour d'un axe horizontal, porte à son centre et à son foyer un fil opaque vertical; une étoile entre dans le champ de la lunette, convenablement dirigée, par la partie orientale, atteint le fil, le dépasse et sort par la partie occidentale de ce même champ. L'observation du passage au méridien de l'étoile consiste à noter, sur l'horloge placée à côté de la lunette, l'heure, la minute, la seconde, et même le dixième de seconde qui correspond à la disparition de l'étoile derrière ce fil central.

Cette exactitude n'est pas un vain luxe, puisqu'en transformant les intervalles mesurés en degrés de la circonférence, on trouve, pour les étoiles équatoriales, qu'un dixième de seconde de temps ne vaut pas moins d'une seconde et demie de degré, qu'une demi-seconde de temps correspond à 7.5 secondes de degré, et qu'une seconde entière de temps vaut 15 secondes de degré.

Depuis longtemps on a pris l'habitude de placer dans le champ de la vision des fils également espacés, parallèles entre eux et au fil central, deux à l'orient et deux à l'occident. L'ensemble des cinq fils se nomme le *réticule*. Le mouvement du ciel s'opérant uniformément et près du méridien perpendiculairement aux cinq fils dont nous venons de parler, l'étoile emploiera à aller du premier au deuxième fil un temps égal à celui dont elle aura besoin pour aller du second au troisième. Les intervalles de temps compris entre les passages sous le troisième et le quatrième, sous le quatrième et le cinquième, seront de même égaux entre eux, et de plus égaux aux intervalles

de temps précédents. Il résulte de là que, si les observations sont exactes, on aura un moyen simple de le reconnaître en comparant les quatre intervalles, lesquels devront être égaux entre eux. Il est évident que, dans la même supposition, si l'on prend l'instant de la disparition de l'étoile derrière le premier fil du réticule, et celui de sa disparition derrière le cinquième fil, la demi-somme de ces deux nombres sera égale à l'instant de la disparition sous le fil méridien. On obtiendra le même résultat en combinant, d'une manière analogue, les observations faites au deuxième et au quatrième fil. L'égalité des quatre intervalles est un indice qui semble montrer quelle confiance on peut accorder à l'observation. Eh bien, chose vraiment inexplicable! des observations également concordantes au point de vue de cette égalité peuvent conduire à des résultats fort dissemblables pour le passage d'un astre au méridien, soit déterminé directement, soit déduit des passages aux cinq fils du réticule.

Des astronomes exercés parviennent à déterminer les disparitions d'une étoile derrière les cinq fils, de manière que les intervalles soient égaux jusqu'à la précision d'un dixième de seconde. Et néanmoins, les passages absolus obtenus par deux observateurs, comparés entre eux, pourront quelquefois différer d'une seconde entière. La quantité qu'il faut ajouter à tous les passages observés par un astronome B, ou qu'il faut retrancher de ces mêmes instants pour les réduire aux passages déterminés par un astronome A, est ce qu'on a appelé l'*équation* ou l'*erreur personnelle* de l'astronome B. Pour déterminer cette équation personnelle, il suffira que l'astronome B

observe le passage de l'étoile derrière le premier et le cinquième fil du réticule, et que l'astronome A observe à son tour les passages derrière le deuxième et le quatrième fil. Les moyennes de ces deux groupes d'observations doivent donner le même résultat lorsque l'équation personnelle de B est nulle. Si les résultats ne sont pas les mêmes, la différence sera égale à l'erreur personnelle de B.

Voyons maintenant à combien de dixièmes de seconde ces erreurs personnelles peuvent s'élever.

Maskelyne rapporte, dans les observations de Greenwich pour 1795, que son adjoint Kinnebrook avait pris peu à peu l'habitude d'observer les passages aux fils de la lunette méridienne plus tard qu'il ne le faisait lui-même.

Au mois d'août 1795 la différence entre les deux observateurs était de $0^s.5$; dans le cours de 1796 cette différence s'accrut jusqu'à $0^s.8$. En 1794, et au commencement de 1795, les deux observateurs étaient d'accord.

En 1820, M. Bessel reconnut que M. Walbeck observait le passage des étoiles sous les fils de la lunette méridienne de Kœnigsberg une seconde entière plus tard que lui-même.

En 1823, Bessel constata que le célèbre astronome Argelander observait le passage des étoiles $1^s.2$ après lui.

En 1821, à Dorpat, Walbeck observait $0^s.24$ plus tard que M. Struve.

En 1823, à Dorpat, M. Argelander observait $0^s.20$ plus tard que M. Struve.

De ces nombres M. Bessel conclut qu'en 1823

M. Struve (on voit quelles autorités scientifiques étaient en jeu) observait plus tard que lui d'une seconde tout entière.

M. Bessel déduisit de diverses considérations la conséquence que les différences en question peuvent être très-variables. Il trouve, en effet :

Qu'en 1824, M. Struve observait au même moment que lui ;

Qu'en 1821, il observait $0^s.8$ plus tard ;

Qu'en 1823, la différence s'était élevée à 1 seconde.

Pour les observations d'occultation et non pour les passages au méridien, Bessel reconnut que Argelander notait la disparition ou la réapparition $0^s.3$ plus tard que lui.

En comparant des observations faites avec une pendule qui battait les demi-secondes avec celles dans lesquelles on s'était servi d'une pendule ordinaire, Bessel découvrit, chose extraordinaire ! qu'il observait les passages au méridien avec le nouvel instrument $0^s.49$ plus tard qu'avec la pendule battant la seconde entière.

Depuis l'époque où M. Bessel publiait les résultats si singuliers de ses expériences, les astronomes ne se sont pas suffisamment occupés de cet objet, quoiqu'il soit de nature à répandre sur leurs observations la plus pénible incertitude.

En 1843, M. Otto Struve envisagea de nouveau la question expérimentale, à l'occasion de la détermination de la différence de longitude entre Poulkova et Altona.

On trouve, dans l'ouvrage de cet astronome, publié en 1844, les résultats des erreurs personnelles des astro-

nomes dont les noms suivent, M. Struve le père étant pris pour terme de comparaison :

M. Otto Struve observe	plus tôt de.......	$0^{s}.11$
M. Peters............	plus tard de.......	0 .13
M. Sabler............	plus tôt de.......	0 .11
M. Savitch...........	plus tard de......	0 .11
M. Petersen..........	plus tard de......	0 .15
M. Nehns............	plus tard de......	0 .13

La différence entre M. Petersen et M. Otto Struve s'élève donc à $0^{s}.26$.

Postérieurement, en 1844, M. Otto Struve s'est livré à une recherche analogue, dont on trouve les résultats dans un ouvrage publié en 1846; ces résultats sont les suivants :

Les passages observés par M. Otto Struve étant pris pour terme de comparaison :

M. Döllen observe.......	plus tôt de.....	$0^{s}.22$
M. Struve le père........	plus tard de...	0 .09
M. Petersen.............	plus tard de....	0 .24
M. Henry, de Greenwich.	plus tard de...	0 .40

par où l'on voit qu'entre M. Döllen et M. Henry il y a dans les passages au méridien une différence de $0^{s}.62$.

Voici les résultats publiés, en 1852, par M. Airy, sur les erreurs personnelles, en 1850, des divers astronomes attachés, sous sa direction, à l'Observatoire de Greenwich. En prenant M. Dunkin pour terme de comparaison, on trouve :

M. Dunkin — M. Main...............	$-0^{s}.03$
M. Dunkin — M. Henry.............	$+0.08$
M. Dunkin — M. Ellis..............	-0.15
M. Dunkin — M. Rogerson..........	-0.48

M. Dunkin — M. Ferguson..........	— 0 .01
M. Dunkin — M. Glaisher...........	+ 0 .04
M. Dunkin — M. Henderson.........	— 0 .26

d'où il suit qu'entre M. Henry et M. Rogerson la différence des passages au méridien s'élève à $0^s.56$.

Ayant imaginé, vers le milieu de l'année 1842, à la suite de quelques comparaisons faites entre une pendule et les chronomètres déposés à l'Observatoire, que toute erreur personnelle disparaîtrait, même à l'égard des observateurs chez lesquels elle atteint la plus grande valeur, lorsque ces observateurs n'auraient à considérer que l'un des deux éléments dans lesquels réside une observation du passage au méridien, j'engageai mes collaborateurs à vérifier ma conjecture, en faisant des observations que je vais rapporter.

L'un de ces jeunes astronomes, M. Goujon, celui chez lequel s'était manifestée la plus forte équation personnelle, fut invité à marquer par un tope ou par un coup sec le moment où, suivant lui, une étoile passerait sous le fil du réticule, et à laisser à M. Eugène Bouvard le soin d'évaluer, à une pendule voisine, la seconde et la fraction de seconde correspondant à ce signal. Il fut constaté ainsi, que, dans ce mode d'observation, l'erreur personnelle de M. Goujon avait totalement disparu, quoique, suivant le procédé ordinaire, elle ne fût pas au-dessous de $0^s.4$. Ces observations sont du 1er janvier 1843.

Malgré toute l'improbabilité qu'il y aurait eu à attribuer l'erreur personnelle à une paresse de l'ouïe ; pour lever tous les doutes à ce sujet, on institua les observations suivantes : M. Laugier donnait à l'improviste des

topes, pendant que MM. Bouvard et Goujon déterminaient, sur une pendule en face de laquelle ils se trouvaient placés, la seconde et la fraction de seconde correspondantes. Cette expérience, répétée quarante fois, conduisit à une différence nulle, quoique, pour les observations faites à la lunette méridienne, l'erreur personnelle de M. Goujon, relativement à M. Eugène Bouvard, fût, comme nous l'avons vu, de $0^s.4$ en retard. Je mis, au commencement de 1843, dans les mains de mes collaborateurs, un chronomètre à pointage de Breguet, dont j'avais fait antérieurement un fréquent usage dans les observations d'intensité magnétique [1]. Au moment où les étoiles arrivaient sous les fils, l'astronome chargé de l'observation lâchait lui-même la détente; les marques laissées par la pointe sur le cadran du chronomètre déterminaient les instants des passages des astres derrière les fils. MM. Mauvais et Goujon, dont les passages au méridien différaient de $0^s.58$, lorsqu'ils étaient observés à la manière ordinaire, se trouvèrent constamment d'accord en se servant de ce chronomètre à pointage.

1. Pour venir au secours des personnes inexpérimentées dans l'évaluation des fractions de seconde, les horlogers ont imaginé des chronomètres particuliers, qui ont été appelés, les uns chronomètres à pointage, les autres chronomètres à détente. Dans les premiers, l'aiguille qui marque les secondes porte à son extrémité, s'il m'est permis de m'exprimer ainsi, un petit encrier, une plume et de l'encre. Lorsqu'un phénomène se manifeste, l'observateur fait agir un ressort, et à l'instant la plume ou plutôt la pointe déliée, située à l'extrémité de l'aiguille des secondes, dépose un point noir sur le cadran divisé correspondant à la position qu'occupait cette extrémité au même moment. La place de ce point, entre deux divisions successives, permet de marquer la seconde entière et la fraction de seconde où le phénomène a eu lieu. Le chronomètre à détente

Il n'y avait, pour compléter la recherche, qu'à la reprendre avec un chronomètre de même espèce, mais susceptible de donner sans équivoque le dixième de seconde. C'est ce qui a été fait dans le courant de cette année, dès le moment où M. Breguet m'a fourni un chronomètre avec lequel on pouvait arriver à ce degré de précision. Les observateurs ont été successivement M. Goujon, M. Laugier et M. Ernest Liouville.

Par des observations répétées et parfaitement concordantes, on avait reconnu que M. Goujon observait les passages au méridien $0^s.45$ plus tard que MM. Laugier et Liouville. Lorsqu'on eut observé avec le chronomètre à pointage, on trouva que la différence entre les passages des trois observateurs était devenue inappréciable.

Quand on voudra, à l'avenir, se rendre indépendant des erreurs personnelles, il faudra, pour ainsi dire, laisser à un chronomètre à détente le soin d'évaluer la seconde et la fraction de seconde correspondant aux passages des étoiles derrière les fils du réticule ; le chronomètre, qui

repose sur un principe différent et qui a, je crois, été mis en pratique pour la première fois par M. Perrelet. Dans les chronomètres de cet habile artiste, l'aiguille des secondes se compose de deux aiguilles superposées. Lorsqu'on agit sur la détente, l'une de ces aiguilles seulement s'arrête et marque ainsi, par la place qu'elle occupe, la seconde et la fraction de seconde à laquelle a correspondu le mouvement de la détente. Ce qu'il y a de curieux dans cette construction, c'est qu'après avoir pris le temps de marquer la place où l'aiguille s'est arrêtée, cette aiguille, par un nouveau mouvement de la détente, regagne le temps perdu et se remet d'accord avec celle qui n'a pas cessé de marcher ; en sorte que l'observateur se trouve en mesure de noter l'apparition d'un second phénomène, et ainsi de suite, sans avoir besoin de comparer, dans l'intervalle, le chronomètre à la pendule régulatrice.

n'est ici qu'un intermédiaire, devra d'ailleurs être soigneusement comparé à la pendule astronomique régulatrice. Un doute se présentait : il fallait s'assurer qu'une telle comparaison n'est affectée d'aucune erreur personnelle. Or, c'est ce qui a été constaté à l'aide de nombreuses observations répétées récemment avec le nouveau chronomètre, par MM. Goujon et Ernest Liouville. L'état du chronomètre, relativement à la pendule, donnait les mêmes nombres, non-seulement dans la moyenne, mais encore pour les résultats partiels obtenus par les deux observateurs.

En terminant son Mémoire, Bessel disait : « Il serait à désirer que l'on trouvât un moyen de faire sur le mystérieux phénomène des expériences décisives ; mais je les regarde comme impossibles, car l'opération sur laquelle les différences en question reposent se fait à notre insu. »

Si je n'ai pas accompli le travail que Bessel qualifiait d'impossible, je suis arrivé, ce qui vaut mieux, astronomiquement parlant, à indiquer un moyen d'anéantir toute équation personnelle dans les passages au méridien et à débarrasser les observations d'erreurs, ou du moins d'incertitudes très-fâcheuses.

Sur le cadran du chronomètre à pointage dont on s'est servi dans les dernières observations, on peut lire sans équivoque les dixièmes de seconde, tandis que le premier ne donnait guère que le double de cette quantité. J'ai cru devoir chercher s'il serait réellement nécessaire de recourir à des dispositions qui permettraient d'évaluer de plus petites fractions de seconde. Mais un vingtième m'a paru être la dernière limite d'exactitude à laquelle

nos sens puissent atteindre dans le système d'observations que je viens de signaler. Pour établir ce fait je me suis servi d'un chronomètre en ma possession, exécuté à Vienne en Autriche, dans lequel l'aiguille fait un tour entier du cadran par seconde, ce qui permet conséquemment de lire largement un soixantième de seconde.

Je venais d'écrire les dernières lignes de ce Mémoire, lorsqu'un ami a appelé mon attention sur une courte Note insérée dans le compte rendu de l'Association britannique pour 1851. Dans cette Note, MM. Bond, astronomes d'Amérique, décrivent une disposition à l'aide de laquelle on peut substituer dans les observations des passages au méridien les indications fournies par une horloge électrique aux évaluations obtenues par la méthode ordinaire. Ce procédé n'était pas seulement théorique ; il paraît avoir été appliqué, car les auteurs de la communication disaient en terminant :

« Les limites des erreurs individuelles sont beaucoup plus resserrées par cette méthode. Autant que les comparaisons faites jusqu'ici suffisent à le prouver, les équations ou les erreurs personnelles des divers observateurs sont, sinon tout à fait insensibles, du moins réduites à un petit nombre de centièmes de seconde. »

On voit que MM. Bond sont arrivés, avec leur pendule électrique, à la conséquence que j'ai déduite des observations faites avec les chronomètres à détente. Je remarquerai seulement que les observations que j'ai provoquées remontent à 1843, qu'elles ont été communiquées au Bureau des longitudes à cette époque, qu'au surplus elles ont été faites *coram populo* avec le concours de

presque tous les astronomes attachés à l'Observatoire de Paris, tandis que la date des essais effectués en Amérique par le secours de l'horloge électrique est inconnue, et ne remonte pas, suivant toute apparence, beaucoup au delà de 1851.

Toute question de priorité étant ainsi mise de côté, je ferai remarquer que MM. Bond ne disent pas à combien s'élevaient les erreurs personnelles que leur méthode d'observation électrique parvenait à effacer. Le même reproche ne saurait s'adresser au système d'observation institué, sur ma demande, à l'Observatoire de Paris, attendu qu'il résulte des passages au méridien observés en 1843, par MM. Mauvais et Goujon, que l'emploi du chronomètre à détente faisait disparaître une erreur personnelle égale à $0^s.58$.

Il restera maintenant à décider entre le procédé électrique indiqué par MM. Bond et l'usage des chronomètres à détente, au point de vue de l'exactitude et de la commodité. Si les expériences, ce qui me paraît douteux, donnaient l'avantage à la méthode électrique, ce serait à MM. Bond, je me plais à le reconnaître, qu'appartiendrait l'initiative à ce sujet. Je dois cependant faire remarquer que l'appareil dont ces astronomes se sont servis fait partie de la collection d'instruments réunis par les soins de M. Bache pour la grande opération du levé trigonométrique des côtes des États-Unis, à la tête de laquelle ce célèbre ingénieur est placé, au grand avantage de la science en général et de la géographie en particulier. Il me serait donc impossible de dire si ce n'est pas à lui qu'appartient l'idée de la pendule électrique.

MÉMOIRE SUR MARS [1]

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Les sciences en s'étendant présentent, comme les grands fleuves près de leur embouchure, des ramifications nombreuses. L'étude attentive de chacun de ces rameaux suffit ordinairement pour absorber toutes les facultés de l'homme le plus actif, le plus persévérant. Des intelligences exceptionnelles parviennent seules à porter avec

1. Dans la séance de l'Académie des sciences du 31 janvier 1853, M. Arago a présenté ce Mémoire comme la première partie d'un travail ayant pour titre : *Mémoire sur la forme et la constitution physique des astres dont notre système solaire est formé.* Le compte rendu de la séance académique contient seulement la Note suivante :

« Ce Mémoire doit se composer de six chapitres distincts dans lesquels l'auteur examinera les deux points indiqués dans le titre, pour le Soleil, la Lune, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

« La lecture d'aujourd'hui n'a été relative qu'à la figure et à la constitution physique de Mars. L'étendue de ce chapitre ne nous permettant pas de l'insérer dans le *Compte rendu*, nous nous bornerons à dire que M. Arago y a établi, par des mesures qui lui paraissent à l'abri de toute objection, que Mars a un aplatissement certainement supérieur à $\frac{1}{30^e}$.

« L'auteur du Mémoire a discuté et combattu les explications diverses qu'on a données d'un résultat si peu d'accord avec la

fruit leurs investigations sur plusieurs de ces branches séparées. C'est ainsi que l'astronomie, par exemple, comprend dans son ensemble des recherches variées qui convergent toutes vers le même but et n'ont cependant de commun que le nom. Par une tendance générale de l'esprit humain, par une de ses faiblesses, chacun s'imagine avoir choisi ce qu'il y a de plus substantiel dans la science commune et range les autres études parmi les travaux de détail, je dirai presque parmi les travaux de remplissage.

Les vrais savants ne sauraient trop blâmer cette manière d'envisager les recherches qui doivent concourir à l'avancement de nos connaissances. Il y a beaucoup de gloire à acquérir dans les travaux pour lesquels certains esprits affectent un superbe dédain, pourvu qu'ils soient suivis dans l'excellente direction qu'on a donnée de nos jours aux études scientifiques. Newton croyait avec raison

théorie de l'attraction. Il a étudié, au point de vue photométrique, les taches lumineuses blanchâtres et d'étendue variable dont les pôles de rotation de la planète sont entourés. Il a cherché ensuite, en se fondant sur les principes les plus avérés de la science, pourquoi les taches obscures de Mars disparaissent quand elles approchent des bords du disque, et pourquoi, près de ces mêmes bords, les parties qui semblaient très-rougeâtres au centre perdent presque constamment cette teinte.

« Il a enfin fait voir par quel système d'observation il sera possible, à l'aide de la grande lunette parallatique que M. Brunner établira bientôt dans la grande tour de l'Observatoire, d'arriver à la connaissance des propriétés optiques de l'atmosphère dont Mars est entouré. »

L'illustre astronome n'a pas pu achever son entreprise. On trouvera, après ce Mémoire, les mesures et les observations qu'il a faites sur les diverses planètes, telles qu'elles ont pu être relevées sur les registres qu'il a laissés.

ne pas déroger lorsqu'il examinait avec la plus scrupuleuse attention les couleurs dont brillent les bulles de savon qui servent de jouet aux enfants.

Mais revenons à l'astronomie.

Cette science embrasse aujourd'hui les observations faites avec les instruments les plus délicats pour la fixation des positions absolues des astres à une époque donnée; elle étudie aussi les changements que ces positions éprouvent avec le temps.

Une seconde branche de la science a pour but de déterminer la constitution physique des astres que le firmament offre à nos regards, en faisant usage de tous les moyens d'investigation que les progrès de l'optique et de la physique générale ont mis peu à peu dans les mains des astronomes.

On a pris l'habitude de regarder comme formant une troisième division de l'astronomie celle qui tend à déterminer analytiquement quelles sont la direction et la valeur des perturbations qu'un astre particulier éprouve dans sa marche de la part de tous les autres astres.

De tels travaux, exclusivement exécutés à l'aide des ressources du calcul et de l'analyse mathématique, ont certainement une grande importance, et sont très-dignes de l'admiration qu'on leur accorde généralement; mais s'ensuit-il que les recherches des observateurs doivent comparativement être placées dans un jour secondaire, et que celui qui n'a jamais porté ses regards sur le firmament, qui n'a jamais appliqué son œil sur une lunette, puisse prétendre au titre d'astronome par excellence, et qu'il ne doive pas se contenter de la qualification si juste-

ment enviée de géomètre? Cette question fut débattue un jour au sein de la première classe de l'Institut, et M. Lagrange dont les théories analytiques avaient été appliquées avec tant de succès à la solution des problèmes les plus épineux du système du monde, résuma son opinion en ces termes qui firent une profonde impression sur tous les académiciens présents : « En résumé, Messieurs, c'est la lunette qui fait l'astronome. »

Il est dans la science astronomique une quatrième classe de collaborateurs qu'il importe de distinguer soigneusement des mathématiciens proprement dits. Ce sont ceux qui vont un peu plus loin que leurs prédécesseurs dans les routes déjà tracées et déblayées, et qui, à force de soins et de patience, parviennent ainsi, sans initiative et sans avoir besoin d'aucun esprit d'invention, à rattacher leurs noms à d'utiles découvertes dans le champ des perturbations planétaires : tel fut, il y a peu d'années, notre confrère M. Damoiseau dont les travaux sur les retours de la comète de Halley, sur les tables des satellites de Jupiter et sur les mouvements de la Lune, ont pris un rang éminent dans les fastes astronomiques de ce siècle. Ajoutons que l'estimable académicien, dans sa modestie de bon aloi, ne regardait pas ses travaux comme suffisants pour lui permettre d'aspirer au titre de géomètre.

Quoi qu'il en soit de ces réflexions, le Mémoire que je présente aujourd'hui à l'Académie se rattache, comme on le verra, par divers points aux deux premières branches de l'astronomie observatrice; il signalera de plus un désaccord manifeste entre un fait dont je vais m'occuper et la théorie de l'attraction.

CHAPITRE II

HISTORIQUE DES RECHERCHES FAITES SUR LA FORME ET LA CONSTITUTION PHYSIQUE DE MARS

Dans l'antiquité, les observations astronomiques avaient uniquement pour objet la détermination de la position des astres à un instant donné, et celle de leur déplacement propre. Les planètes, ou astres mobiles, se présentaient aux observateurs comme des amas confus de lumière. Au moment de la découverte des lunettes, en 1609, les formes des planètes devinrent assignables, et l'on put commencer, dans certaines limites, à étudier leur constitution physique. Alors naquit la seconde branche de l'astronomie observatrice qui fait chaque jour de nouveaux progrès, soit à cause de la puissance inespérée qu'on a donnée aux lunettes ou aux télescopes, soit à raison des nouveaux moyens d'investigation que la physique et l'optique perfectionnées mettent sans cesse dans les mains des astronomes. Les recherches que j'ai faites sur la planète Mars appartiennent principalement à cette branche de la science. Mes observations soulèveront des questions qui intéressent, je crois, au plus haut degré la physique céleste.

Avant la découverte des lunettes, Mars ne s'était offert aux observateurs que comme une étoile de première grandeur et rougeâtre. Ce ne fut qu'après cette découverte qu'on put constater que l'astre avait un disque sensible et qu'il empruntait sa lumière au Soleil.

Galilée écrivait au père Castelli, le 30 décembre 1610 :

« Je n'ose pas assurer que je puisse observer les phases de Mars; cependant, si je ne me trompe, je crois déjà voir qu'il n'est pas parfaitement rond. »

En 1638, le 24 août, Fontana à Naples, dit Riccioli, vit Mars nettement gibbeux. Cette observation, pour l'époque, peut être considérée comme une découverte. Aujourd'hui, l'astronome le moins exercé aperçoit les phases sans difficulté vers les quadratures de la planète, lorsqu'il peut se servir d'une bonne lunette. Ainsi, de ce côté, la science est complétement satisfaite.

Voyons maintenant ce qui se rapporte à la constitution physique de l'astre.

Déjà, en 1636, on commença à apercevoir une des taches obscures permanentes qui existent à la surface de cette planète : c'est à Fontana que cette découverte fut due. Le père Zucchi signala des taches du même genre en 1640. Le père Bartoli, de Naples, écrivait en décembre 1644, qu'il avait vu deux taches noires au-dessous du milieu du disque. D'autres personnes, munies de bonnes lunettes, n'ayant pas distingué, aux heures de leurs observations, les taches annoncées par le père Bartoli, commencèrent à soupçonner que la planète ne nous présentait pas toujours la même face, ou qu'elle était douée d'un mouvement de rotation sur elle-même. Ce mouvement de rotation fut mis hors de toute contestation à l'aide d'observations directes faites à Bologne par Dominique Cassini, en 1666. Cet astronome trouva qu'une révolution entière de Mars s'exécutait de l'occident à l'orient en $24^h\ 40^m$, nombre que les observations postérieures de divers astronomes n'ont que légèrement modifié. William

Herschel, en 1781, donna non-seulement une nouvelle détermination de la rotation de Mars, mais il fixa encore l'inclinaison de son équateur sur le plan de l'écliptique et la position de l'intersection des deux plans. On peut toutefois, sans irrévérence, supposer que ces deux éléments devraient être soumis à de nouvelles vérifications.

Cassini qui, en 1665, avait déjà reconnu l'aplatissement de Jupiter, ne dit nulle part, ni dans ses Mémoires de Bologne, ni dans les travaux postérieurs faits à Paris avec de plus puissantes lunettes, que le disque de Mars lui ait jamais paru différer d'un cercle parfait.

On ne trouve non plus aucune mention de l'aplatissement de cette planète dans les Mémoires élaborés de Maraldi.

Les premières observations de l'aplatissement de Mars sont de William Herschel, et remontent à 1784. Le célèbre astronome porta l'aplatissement jusqu'à $\frac{1}{16^e}$. Ce résultat, quoiqu'il fût déduit d'observations dont les détails étaient consignés dans les *Transactions philosophiques*, ne fut pas généralement adopté. Schrœter, dont les mesures étaient beaucoup plus exactes qu'on ne l'admet généralement, se déclara contre la détermination de l'astronome de Slough; il prétendit que, si l'aplatissement de Mars existait, il était certainement au-dessous de $\frac{1}{80^e}$.

M. Hind, dans une publication récente, nous apprend que Maskelyne s'était livré à des recherches assidues pour découvrir l'aplatissement de Mars, et qu'il ne parvint à rien trouver d'appréciable à ce sujet.

Postérieurement Bessel, dont l'autorité en pareille matière ne saurait être contestée, s'est aussi prononcé

contre l'existence d'un aplatissement de Mars susceptible d'être mesuré avec les instruments actuels, même à l'aide de son célèbre héliomètre de Kœnigsberg.

CHAPITRE III

MESURE DE L'APLATISSEMENT DE MARS

Un fait annoncé par William Herschel, et dont l'existence était révoquée en doute par des autorités aussi importantes que celles de Schrœter, de Maskelyne et de Bessel[1], méritait certainement d'être soumis à un nouvel examen : tel fut le motif qui me détermina dès l'année 1811 à me livrer à cette recherche. J'en vais faire connaître les résultats.

Afin de ne pas avoir à tenir compte de la phase, les résultats moyens qui vont suivre ne seront déduits que des observations faites quatre ou cinq jours avant l'opposition et quatre à cinq jours après.

Les valeurs qui se déduisent de mes recherches pour l'aplatissement de Mars sont les suivantes :

Dates de l'opposition.	Nombres des jours d'observation.	Valeur moyenne de l'aplatissement.
24 mai 1811.......	6 jours d'observation......	$\frac{1}{36}$
31 juillet 1813.....	6 jours..................	$\frac{1}{30}$
16 octobre 1815...	4 jours..................	$\frac{1}{80}$

1. En voyant que sir John Herschel ne fait nulle part mention de l'aplatissement de Mars dans son *Traité d'astronomie*, je me suis persuadé que lui-même doutait du résultat obtenu par son père.

8 décembre 1817.	Une seule série de mesures faites 7 jours après l'opposition....................	$\frac{1}{79}$
5 février 1837....	2 jours d'observation......	$\frac{1}{100}$
18 août 1845......	8 jours..................	$\frac{1}{32}$
31 octobre 1847...	4 jours..................	$\frac{1}{29}$

On voit, d'après ce tableau, que si je n'avais observé que pendant les oppositions des années 1815, 1817 et 1837, j'aurais, comme Schrœter, Maskelyne et Bessel, trouvé que l'aplatissement de Mars est insensible. Mais le résultat brut des observations n'autoriserait pas une semblable conclusion. Examinons donc les réductions qu'il faudrait leur faire subir pour arriver à des conséquences inattaquables.

D'abord il est évident que les deux diamètres mesurés sont ceux d'une section faite dans le globe de Mars par un plan passant par son centre et perpendiculaire à la ligne joignant ce même centre et le lieu de l'observateur. En supposant que la forme de Mars soit celle d'un ellipsoïde de révolution, les mesures prises sur la Terre ne donneront les diamètres des deux axes que dans le cas où les deux extrémités du petit axe (les pôles de rotation) seront l'un et l'autre visibles de la Terre, c'est-à-dire lorsqu'ils occuperont deux points opposés sur le contour de la section faite par le plan sécant dont nous venons de parler. Dans toute autre position, l'aplatissement mesuré doit être au-dessous de l'aplatissement réel, et si l'axe de rotation de la planète fait avec une ligne perpendiculaire au plan de l'écliptique un angle très-sensible, la différence entre l'aplatissement réel et l'apla-

tissement mesuré pourra être considérable. Il est vrai que, si l'on connaissait exactement la position de l'axe de rotation ou l'inclinaison de l'équateur de la planète sur le plan de l'écliptique, et la position de la droite d'intersection des deux plans, on déduirait, dans certaines limites, l'aplatissement réel de l'aplatissement observé. C'est un calcul qui pourra être effectué lorsque la position de l'axe autour duquel Mars fait sa révolution sur lui-même aura été déterminée de nouveau avec une grande précision.

Passons à l'examen des incertitudes qui pouvaient provenir des observations elles-mêmes. Il y a près des pôles de rotation de Mars des taches blanches, dont je parlerai tout à l'heure, et qui, par un phénomène d'irradiation sans doute, paraissent déborder un peu le contour général de la planète. Cette circonstance tendra à augmenter un tant soit peu la valeur angulaire du petit axe vers l'opposition. Au moment du passage au méridien de la planète Mars, son petit axe est presque vertical; la dispersion de l'atmosphère, dont les astronomes, à tort, se sont si peu occupés (je veux dire l'inégale réfraction qu'éprouvent les rayons de diverses couleurs dont la lumière blanche se compose), doit tendre à augmenter aussi le diamètre vertical. En résumé, tout concourt à nous faire paraître l'aplatissement plus petit qu'il ne l'est réellement. Il est donc permis de conclure du tableau qui précède, que l'aplatissement de Mars est non-seulement sensible, mais qu'il surpasse $\frac{1}{30^e}$.

En appliquant à la détermination de l'aplatissement de Mars la théorie qui avait donné un résultat si bien d'ac-

cord avec l'observation lorsqu'il s'agissait de Jupiter, on trouve pour cet aplatissement $\frac{1}{230e}$ environ. Pour faire coïncider le résultat du calcul avec celui de l'observation, il faudrait supposer la masse de Mars huit fois plus faible que celle qu'on a employée, ce qui semble inadmissible. Il y a donc ici un désaccord réel entre la théorie et l'observation. Il sera bon de rechercher si quelque supposition particulière sur la constitution intérieure de la planète pourra faire disparaître cette anomalie, ou s'il faudra recourir à des considérations analogues à celles que M. Hennessy a commencé à développer dans l'un des derniers volumes des *Transactions philosophiques*.

Lorsque je parlai jadis à M. de Laplace du désaccord que je viens de signaler, il me répondit que, suivant lui, « des bouleversements locaux, analogues à ceux dont on voit les effets dans diverses parties de la Terre, surtout dans les régions équatoriales, avaient pu avoir relativement une plus grande influence sur la figure d'une petite planète que sur celle de Jupiter ou de notre globe. » Mais cette vue de l'illustre auteur de la *Mécanique céleste* est sujette à de sérieuses difficultés. La figure de Mars est très-régulière, tout paraît semblable au nord et au midi de l'équateur de la planète, et les diamètres que j'ai mesurés à 45° de latitude particulièrement, se sont trouvés avoir une longueur intermédiaire entre le diamètre de l'équateur et celui des pôles, précisément comme l'exigerait une figure elliptique.

Depuis que les mesures ci-dessus ont été effectuées et que le résultat moyen a été consigné dans l'*Exposition du*

système du monde[1], M. Airy, directeur de l'Observatoire de Greenwich, s'est occupé de la même recherche. Je trouve, en effet, dans le rapport fait par l'astronome royal au Bureau des visiteurs, à la date du 5 juin 1852, la phrase suivante : « Les observations faites à l'aide du micromètre à double image donnent pour Mars une ellipticité d'environ $\frac{1}{50^e}$; cet aplatissement est à peu près identique avec celui qu'on avait trouvé auparavant. »

Le désaccord, quoique moins prononcé que celui qui résulte des observations de William Herschel et de celles que j'ai rapportées, existe avec toutes ses difficultés d'explications. Après cela j'ai dû être surpris de trouver dans un ouvrage récent, dans les *Leçons de cosmographie* de M. Faye, destinées à la jeunesse de nos écoles, la phrase suivante : « L'aplatissement de Mars est insensible. » En s'exprimant ainsi, l'auteur mettait de côté le résultat obtenu par William Herschel, celui qui se déduisait de mes recherches déjà consignées dans l'*Exposition du système du monde*, et le résultat de M. Airy; il y a plus, il réduisait au néant ses propres observations. En effet, ayant voulu, en 1845, m'assurer qu'il n'y avait aucune erreur personnelle de pointé dans les mesures que je faisais depuis si longtemps du diamètre de Mars, j'invitai tous les jeunes astronomes de l'Observatoire, MM. Laugier, Eugène Bouvard, Goujon et Faye à se joindre à moi pour répéter mes observations. Or, ce dernier trouva non-

1. Liv. I, chap. VI. — Laplace s'exprime ainsi : « Le diamètre de Mars est un peu plus petit dans le sens de ses pôles que dans celui de son équateur. Suivant les mesures de M. Arago, les deux diamètres sont dans le rapport de 189 à 194. »

seulement que la planète était aplatie, mais le résultat numérique auquel il arriva surpassa l'aplatissement obtenu par ses confrères. Ainsi, par exemple, le 17 août 1845, pendant que je trouvais $\frac{1}{34^e}$, que E. Bouvard arrivait à $\frac{1}{31^e}$, M. Faye obtenait $\frac{1}{22^e}$. Je laisse à M. Faye le soin de concilier, s'il le peut, son assertion avec son résultat; si je me chargeais moi-même de ce soin, je craindrais de trouver, pour unique explication, des causes qui n'ont rien d'astronomique. Toutefois, pour éviter que ceux qu'une pareille investigation pourraient tenter ne viennent à s'égarer, je dirai que l'instrument dont je faisais usage, appliqué à la mesure d'une mire terrestre parfaitement circulaire et exactement perpendiculaire au rayon visuel partant de son centre et aboutissant à l'objectif de la lunette exécutée par notre célèbre artiste Brunner, n'indiqua aucune trace d'aplatissement.

CHAPITRE IV

CONSTITUTION PHYSIQUE DE MARS

En faisant les observations dont il vient d'être si longuement parlé, je n'oubliai pas, dans les limites du pouvoir amplificatif borné de ma lunette, de donner une sérieuse attention aux circonstances suivantes touchant la constitution physique de la planète.

Mars portait chez les Hébreux un nom qui signifie *embrasé;* lorsque les Grecs et les Romains voulaient parler d'une étoile rougeâtre, ils prenaient toujours cette planète pour terme de comparaison. Aujourd'hui même, Mars est

l'astre du firmament qui présente à l'œil nu la plus forte coloration en rouge. Deux à trois mille ans paraissent ne pas avoir altéré le caractère particulier de la lumière qu'il nous réfléchit et qui semble tenir à la nature de la matière dont certaines régions de la planète sont formées. Quelques astronomes, physiciens, géologues, ont parlé à cette occasion de terrains ocreux, de grès rouge, terrains sur lesquels la lumière solaire serait réfléchie. Lambert, pour expliquer le même phénomène, supposait que dans cette planète tous les produits de la végétation sont rouges. D'autres, se rappelant qu'au soleil levant ou au soleil couchant les objets terrestres sont quelquefois rougeâtres, ont voulu voir dans la coloration de Mars le résultat de modifications imprimées aux rayons de lumière par l'atmosphère dont la planète serait entourée ; mais cette explication ne saurait être admise. En la supposant exacte, c'est sur les bords et dans les régions polaires que la coloration devrait atteindre son maximum, et c'est précisément le contraire qu'on observe. Telle est à cet égard la dissemblance offerte par les diverses parties du disque de la planète, qu'on a pu dire, sans trop d'exagération, que la portion centrale et rougeâtre de Mars semble enveloppée par deux ménisques comparativement blanchâtres. On voit qu'en adoptant, pour rendre compte des couleurs de la planète, les suppositions des géologues ou la conception de Lambert, il nous restera à expliquer comment le rouge d'une portion de matière occupant le centre du disque s'affaiblit à mesure que, par le mouvement de rotation de l'astre, cette matière se rapproche du bord.

On a cru remarquer que la couleur rouge de Mars paraît beaucoup plus intense à l'œil nu que dans une lunette. Supposons que le fait soit exact, je ne devine pas quelle conséquence on pourrait en tirer. Lorsqu'on observe à l'œil nu, la lumière partie de tous les points de la planète, du centre comme des bords, se confond sur la rétine dans une image informe qui doit paraître colorée si les rayons rouges existent dans l'ensemble de ceux qui ont pénétré dans l'œil en plus grande proportion que cela ne convient à la lumière blanche. Lorsqu'on observe à l'aide d'une lunette armée d'un fort grossissement, on distingue séparément les régions centrales très-rougeâtres et les régions voisines du bord comparativement blanches. Ces portions se peignent sur divers points de la rétine, et je ne vois pas de quel principe d'optique on partirait pour oser affirmer que dans ce cas, très-différent du premier, la sensation générale, quant à la couleur, devrait être la même.

Plusieurs des taches permanentes obscures, à l'aide desquelles on a déterminé le mouvement de rotation de la planète, semblent quelquefois verdâtres. C'est certainement un phénomène de contraste, mais son explication complète exigerait l'intervention de plusieurs principes de photométrie dont l'exposition nous entraînerait ici trop loin.

Un autre phénomène plus remarquable encore est celui de la disparition de ces mêmes taches obscures quand elles approchent du bord de la planète. Cette disparition, disent ceux qui l'ont mentionnée, prouve qu'il existe autour de Mars une atmosphère sensible qui affaiblit plus

spécialement les rayons partant des bords de la planète. Cette atmosphèreme semble, en effet, la cause de l'évanouissement des taches obscures, mais non pas par la raison qu'on allègue généralement.

Une atmosphère, quelque imparfaitement diaphane qu'on la suppose, affaiblirait dans le même rapport la lumière venant des régions obscures de la planète et celle des parties environnantes, au centre, au bord et dans toutes les parties intermédiaires. Les taches obscures devraient donc se voir sur le bord comme dans toutes les autres parties du disque, car c'est le rapport géométrique de la lumière qui en émane à celle des régions environnantes qui détermine leur diversité. Substituons à la théorie vicieuse que je viens d'indiquer une explication plus en harmonie avec les principes de la photométrie.

Nous pouvons regarder comme un fait d'observation que, lorsque la lumière solaire éclaire librement la partie matérielle et solide d'une planète, le bord et le centre de son disque apparent, vus de loin, ont à peu près la même intensité. Ce fait, nous le tirons de l'observation de la Lune dans son plein. L'égalité en question n'aurait plus lieu si les rayons qui vont éclairer les bords et le centre de l'astre n'avaient pas le même éclat.

Les rayons solaires qui illuminent les bords de l'astre sont-ils plus faibles que les rayons qui frappent le centre, les bords paraîtront moins éclairés que le centre. Or, si Mars est entouré d'une atmosphère imparfaitement diaphane, les rayons qui vont atteindre les bords matériels de la planète doivent être plus faibles que les rayons aboutissant au centre, puisqu'ils ont à traverser une plus

grande étendue de couches atmosphériques. Donc, par cette raison toute seule, et sans même tenir compte de l'affaiblissement que la lumière éprouve en traversant une seconde fois les régions atmosphériques correspondantes au bord et au centre, la partie solide des régions voisines du bord doit être plus sombre que la partie solide des régions centrales.

Il est une seconde cause qui modifie notablement les conséquences optiques du résultat. En effet, dans la direction de chaque point matériel de la planète on doit voir à la fois la lumière renvoyée par ce point et celle qui nous est réfléchie dans la même direction par les parties correspondantes interposées de l'atmosphère planétaire. Cette seconde lumière est évidemment d'autant plus intense que l'atmosphère a plus de profondeur; on conçoit donc que près du bord la lumière atmosphérique, en s'ajoutant par portions égales à la lumière d'une tache et à celle des portions voisines plus éclatantes, les rendent à peu près égales, d'après ce principe que deux lumières paraissent avoir le même éclat lorsque leur différence n'est que d'environ $\frac{1}{60^e}$.

Supposons, par exemple, qu'une tache et la portion avoisinante aient entre elles, près du centre de la planète, des intensités représentées par 30 et 31; supposons que près du bord on ajoute à chacune des deux parties des lumières représentées par 30, les intensités définitives deviendront 60 et 61. Avant l'addition, l'intensité de la tache était très-différente de celle des parties qui l'entouraient; après, la différence est insensible, puisqu'elle est $\frac{1}{60^e}$ au lieu de $\frac{1}{30^e}$.

Des considérations du même genre, combinées avec quelques mesures photométriques des parties obscures et des parties lumineuses faites près du centre et à différentes distances du bord, conduisent à des conséquences qui semblaient devoir nous rester à jamais cachées sur les propriétés optiques de l'atmosphère de Mars. Mais les mesures de ce genre ne peuvent être effectuées qu'avec une grande lunette montée parallatiquement et entraînée par une horloge. Nous attendrons, pour entrer à ce sujet dans de plus grands détails, que M. Brunner ait installé à l'Observatoire le pied magnifique dont il est actuellement occupé. Pour le moment, nous nous contenterons de faire remarquer que les mêmes considérations optiques qui ont servi à rendre compte de la disparition des taches près du bord, serviront à expliquer pourquoi, près de ce même bord, la couleur rouge est sensiblement moins intense que vers le centre.

On a remarqué vers les pôles de rotation de Mars deux taches blanchâtres qui augmentent ou diminuent de grandeur d'une manière très-remarquable. La tache sud diminue graduellement d'amplitude pendant le printemps et l'été de l'hémisphère sud de la planète; elle augmente pendant les deux saisons suivantes. Des phénomènes analogues se manifestent près du pôle nord, ce qui a fait attribuer avec une grande probabilité l'augmentation et la diminution d'étendue des taches en question à la précipitation et à la fonte d'une matière blanchâtre semblable aux neiges dont certaines régions de la Terre sont quelquefois recouvertes.

Il m'avait semblé qu'il y aurait quelque intérêt, soit

pour ajouter à la probabilité de l'explication ou pour l'infirmer, à déterminer l'intensité optique des taches polaires blanchâtres relativement à celle des régions environnantes que la matière blanchâtre n'envahissait pas. Or, j'ai trouvé qu'en faisant empiéter les bords des deux images dans les régions équatoriales, le segment provenant de leur superposition était un tant soit peu moins lumineux que la tache polaire vue en même temps sur chacune des images séparées. Il est donc permis d'ajouter aux notions recueillies jusqu'ici cette donnée nouvelle que l'intensité de la lumière, réfléchie par la matière qui constitue les taches polaires, est plus que double de celle qui nous vient des autres points du contour de l'astre. Les mesures que j'ai faites de l'étendue angulaire des taches polaires permettront de déterminer jusqu'à quelle latitude elles s'étendent quelquefois, lorsqu'il sera possible de fixer pour toutes les oppositions la position des pôles de rotation relativement au contour de la planète. Nous pouvons affirmer, dès ce moment, que la matière blanchâtre des bords de la tache centrale atteint jusqu'à 60° et même 50° de latitude.

Les observations dont il vient d'être fait mention ont été toutes faites avec une lunette prismatique de Rochon, exécutée de la main même de cet ingénieux académicien. J'espère que l'on reconnaîtra que j'ai tiré de cet instrument tout le parti possible. Au reste, je m'en rapporte d'avance et sans réserve à l'opinion que voudront bien manifester à cet égard les astronomes observateurs. Je serai moins accommodant en ce qui concerne mes jeunes collaborateurs; les doutes qu'on se plaît à élever sur

leur zèle et sur leur exactitude auraient de plus fâcheuses conséquences et pourraient compromettre à plusieurs égards leur avenir. Pour éviter que les corps savants et même l'autorité ne se méprennent à ce sujet, je transcrirai ici plusieurs passages empruntés à un calculateur célèbre et qui montreront la haute estime qu'il accordait jadis aux observations faites à l'Observatoire de Paris. Les travaux plus récents, j'en ai la confiance, ne seront pas moins dignes des éloges de tous les astronomes sans passion.

Révoque-t-on aujourd'hui en doute le zèle des astronomes de Paris? voici ma réponse, empruntée à un travail sur l'orbite de Mercure fait par un savant académicien :

« Les observations méridiennes de cette planète ont été multipliées depuis quarante ans; et grâce au zèle et à l'habileté persévérante de ses astronomes, l'Observatoire de Paris en possède plus qu'aucun autre de l'Europe. Dans ces dernières années, depuis 1836 jusqu'à 1842, deux cents observations complètes de Mercure ont été faites : nombre prodigieux si l'on considère la difficulté qu'on a de voir cette planète dans nos climats, et qui a exigé qu'on en saisît attentivement toutes les occasions.

« Aussi n'est-il pas douteux qu'on en trouverait à peine la moitié autant dans les autres observatoires de l'Europe, quoique je me plaise, d'ailleurs, à reconnaître leur juste renommée. » (*Théorie du mouvement de Mercure*, 1845.)

Est-il question d'exactitude? voici comment le même auteur s'exprime :

« Pour la précision, la prééminence appartient encore

à la France, et de beaucoup. La discussion d'un grand nombre d'observations du Soleil m'a fait voir que l'erreur moyenne de chacune d'elles ne dépassait pas $\frac{1}{17^e}$ de seconde de temps à l'Observatoire de Paris[1]. C'est un admirable résultat de la perfection des observations, et dont on a d'autant plus droit d'être fier, qu'il serait facile d'indiquer tel autre lieu dans lequel on observe aussi avec zèle et habileté, et où cependant l'erreur commise est à peu près du double. » (*Journal de mathématiques pures*, 1843.)

Si l'on voulait savoir la part que le même calculateur consentait à faire alors au directeur de l'établissement, je rapporterais ces paroles textuelles :

« Je dois à la libéralité scientifique de l'illustre directeur de notre Observatoire, M. Arago, d'avoir pu puiser dans ses précieux recueils encore inédits. J'ai fait tous mes efforts pour que l'exactitude de ma théorie ne restât pas au-dessous de la précision des observations qui m'étaient confiées. »

Enfin, il n'y a pas jusqu'à l'artiste à qui nous fûmes redevables de notre premier cercle mural, qui ne trouverait son juste contingent d'éloges dans cette phrase significative : « L'exactitude du cercle de Fortin est connue. »

On se demandera sans doute, après toutes ces citations, comment ce qui paraissait si digne d'éloges est devenu depuis l'objet de tant de blâme? Il ne saurait me convenir de rechercher la solution de cette question, mais

1. J'avoue pour ma part que je n'avais pas espéré une telle précision.

je dois avertir ceux dont une pareille investigation pourrait tenter la curiosité que l'auteur des passages qu'on vient de lire avait conservé, postérieurement à son entrée à l'Académie, une opinion très-favorable des travaux exécutés à l'Observatoire de Paris. Témoin ce passage :

« Depuis 1835 jusqu'en 1845, j'ai pu profiter de la nouvelle série, encore inédite, des excellentes observations d'Uranus faites à Paris, et que M. Arago m'a fait l'amitié de me confier. » (*Comptes rendus*, t. XXII, p. 910.)

CHAPITRE V

MESURES DES DIAMÈTRES DE MARS FAITES AVEC LA LUNETTE PRISMATIQUE DE ROCHON

[Les mesures qui vont être données sont extraites de trois registres laissés par M. Arago.

Les résultats directs des observations ont été corrigés de l'erreur du zéro de l'échelle de la lunette prismatique employée, lunette qui avait été construite par Rochon lui-même.

Pour déterminer le zéro de la division, M. Arago a visé successivement, en 1810 et 1811, à des objets diversement situés. Voici le résumé des observations :

Récapitulation des séries d'observations relatives à la détermination du zéro de la division.

30 mai 1810. Oculaire moyen. Tige du clocher de Villejuif. Moyenne de 10 observations = 84.90.

29 juin 1810. Tige d'un des pavillons de Bicêtre. Circonstances défavorables. Moyenne de 7 observations = 74.14.

29 juin 1810. Moyen grossissement. Corde très-déliée du télégraphe de Saint-Sulpice. Moyenne de 8 observations = 80.55.

29 juin 1810. Moyen grossissement. Barreau du bras du télégraphe de Saint-Sulpice. Moyenne de 8 observations = 80.75.

17 juillet 1810. Fort grossissement. Tige dont est surmonté le pavillon qu'on aperçoit à l'occident et au delà de Bicêtre. Moyenne de 4 observations = 83.50.

18 juillet 1810. Moyen grossissement. Tige de la girouette du château de Bicêtre. Moyenne de 10 observations = 81.27.

28 septembre 1810. Tige du clocher de Villejuif. Moyenne de 10 observations = 86.11.

7 novembre 1810. Satellites de Jupiter. Comme il est très-difficile de désigner l'instant précis de la coïncidence de deux objets, j'ai cherché à déterminer le zéro par une similitude d'écarts. La première des deux colonnes ci-dessous contient les nombres que marquait l'index quand les deux images du satellite étaient séparées; la deuxième colonne contient les nombres de l'échelle qui correspondaient à des écarts égaux, mais pris de l'autre côté du zéro; la troisième donne les moyennes des deux nombres ou le zéro :

135	36	85.0
130	35	82.5
134	35	84.5
140	35	87.5
130	36	83 0
	Moyenne.......	84.5

24 décembre 1811. Fort grossissement. Tige du paratonnerre du Luxembourg placé au-dessus de la grande entrée de la rue de Tournon. Moyenne de 8 observations = 79.50.

Même jour. Faible grossissement. Même point de mire. Moyenne de 9 observations = 80.06.

Même jour. Même point de mire. Moyen grossissement. Je cherche à déterminer le zéro en écartant les deux images de part et d'autre de ce point. La forme conique du paratonnerre facilite beaucoup les observations.

		Moyennes ou zéro.
60	103	81.5
60	100	80.0
47	113	80.0
36	122	79.0

38	122	80.0
36	123	79.5
36	123	80.0
Moyenne définitive.		80.0

Juillet à octobre 1812. Des signaux en carton, des bandes et des cercles étant placés sur la plus occidentale des fenêtres du Luxembourg, j'obtiens les résultats suivants :

Les bandes supérieures, distantes de $0^m.199$, ont donné par 18 séries.................................... 477.48

Les bandes extrêmes, éloignées de $0^m.403$, ont donné par 4 doubles séries.................................... 887.42

D'où il résulte que, sans irradiation et indépendamment du zéro, $0^m.204$ correspond à.......................... 409.94

Or, on a

$0^m.204 : 0^m.199 :: 409.94 : x =$ 399.89
477.48

Donc le point du zéro = ... 77.59

Les bandes inférieures distantes de $0^m.204$ ont donné par 18 séries.................................... 489.08

Les bandes extrêmes correspondent à................. 887.42

D'où il résulte que $0^m.199$ a pour valeur.............. 398.34

Or, on a

$0^m.199 : 0^m.204 :: 398.34 : x =$ ... 408.34
489.08

Le point du zéro correspond à..... 80.74

Les bandes blanches ont $0^m.046$, et, mesurées immédiatement, elles ont donné par 8 séries d'observations....... 168.27

Or, on a

$0^m.204 : 0^m.046 :: 409.94 : x =$ 92.42

Donc le point zéro de la division correspond à......... 75.85

Le cercle blanc de $0^m.411$ de diamètre correspond à.... 904.70

Les bandes inférieures distantes de $0^m.204$ ont donné... 489.08

D'où il suit que $0^m.207$ a pour valeur.................. 415.62

Or, on a

$0^m.207 : 0^m.046 :: 415.62 : x =$	92.36
Les bandes mesurées immédiatement ont donné.	168.27
Le zéro se trouve donc correspondre à........	75.91

Le cercle blanc de $0^m.411$ a donné..................	904.70
Les bandes supérieures distantes de $0^m.199$............	477.48
D'où il suit que $0^m.212$ a pour valeur.................	427.22

Or, on a

$0^m.212 : 427.22 :: 0^m.046 : x =$	92.69
	168.27
Le commencement de la division est à..	75.58

Les bandes mesurées par le double contact intérieur et extérieur se sont trouvées, par une moyenne de 4 séries, égales à.. 90.35

La mesure directe a donné..........................	168.27
Il en résulte que le zéro correspond à................	77.92

La bande du milieu, de $0^m.1215$ de longueur, a donné par 5 séries.. 324.75

Mais pour $0^m.0460$ on a............................	168.27
Donc $0^m.0755$ donne..............................	156.48

Or, on a

$0^m.0755 : 0^m.046 :: 156.48 : x =$ ...	95.34
	168.27
Le zéro correspond donc à.......	72.93

La bande supérieure, de $0^m.1175$, a donné par 5 séries...	316.28
Retranchant pour $0^m.460$...........................	168.27
On obtient pour $0^m.0715$............................	148.01

Or, on a

$0^m.0715 : 0^m.046 :: 148.01 : x =$ ...	95.22
	168.27
Le zéro correspond à............	73.05

La bande inférieure de $0^m.115$ a donné par 5 séries....	311.98
Retranchant pour $0^m.046$...........................	168.27
On obtient pour $0^m.069$............................	143.71

Or, on a

$0^m.069 : 0^m.046 :: 143.71 : x = \ldots$	95.81
	168.27
Le zéro correspond à............	72.46

La moyenne générale des 9 déterminations est de 75 78.

Mais la distance focale de la lunette prismatique étant de $2^m.350$, et la distance de la façade méridionale du Luxembourg à la tour occidentale de l'Observatoire de $1,306^m.9$, il en résulte que la distance focale pour les mires est de $2^m.35506$. D'ailleurs, on a trouvé que 1 millimètre = $1^{\text{partie}}.77315$ de l'échelle. On doit en conclure que la distance focale de la lunette est plus longue lorsqu'on vise sur la façade du Luxembourg que lorsqu'on vise aux étoiles de de $5^{\text{mill.}}.06$ ou de $8^{\text{parties}}.97$ de l'échelle.

Donc

Le zéro à la distance du Luxembourg =	75.78
	8.97
Le zéro pour les objets célestes = ...	84.75

Les résultats directs des mesures des diamètres de Mars, relevés sur les registres de M. Arago, ont été corrigés de ce dernier nombre pour être introduits dans la table suivante.

Toutes les séries d'observations faites avec la lunette prismatique relatées dans les registres se composent de trois colonnes, dont l'une, celle du milieu, correspond à la tangence des deux disques, tandis que les deux autres indiquent les points où ils sont séparés et ceux où ils se mordent. C'est la moyenne des chiffres de la colonne du milieu, contenant de 5 à 15 mesures, que nous enregistrons ci-dessous; les nombres isolés diffèrent toujours entre eux de moins que de 10 parties de l'échelle.]

Table des mesures des diamètres de Mars faites par M. Arago, et exprimées en parties de l'échelle de la lunette prismatique de Rochon.

1811. 21 mai. Au moment du passage de Mars au méridien. La planète est baveuse et ondulante, surtout dans le sens vertical. Diamètre horizontal, 252.12; diamètre vertical, 243.25; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{28}$. Observations de M. Arago.

22 mai. A $11^h 15^m$ temps vrai. Mars est ondulant et mal terminé. Le ciel semble assez pur; mais les étoiles scintillent beaucoup. Diamètre horizontal 252.00; diamètre vertical, 242.75; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{27}$.

23 mai. $11^h 45^m$ de temps vrai. Mars est ondulant et baveux. Diamètre horizontal, 248.05; diamètre vertical, 241.87; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{40}$. Observations de M. Arago.

24 mai. De $11^h 45^m$ à minuit 45^m, temps vrai. Mars devient si baveux vers 1^h qu'on doit discontinuer les observations. Diamètre horizontal, 248.58; diamètre vertical, 243.92; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{53}$. Diamètre à 45° à gauche, 245.60; diamètre à 45° à droite, 241.25. Observations de M. Arago.

28 mai. De $11^h 30^m$ à minuit 15^m, temps vrai. Mars est très-ondulant dans le sens vertical, et il est très-baveux dans les deux sens. Diamètre horizontal, 251.41; diamètre vertical, 243.25; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{30}$. Observations de M. Arago.

29 mai. $11^h 45^m$, instant du passage de Mars au méridien. La planète est brillante et bien terminée, mais elle devient faible parce que des vapeurs l'atteignent. Diamètre horizontal, 248.25; diamètre vertical, 244.75; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{70}$. Observations de M. Arago.

2 juin. $11^h 30^m$, temps vrai. Les fortes ondulations de la planète ne permettent pas de poursuivre longtemps les observations. Diamètre horizontal, 244.32. Observations de M. Arago.

10 juin. $10^h 45^m$, temps vrai. Diamètre polaire, 241.25; diamètre équatorial, 240.95; la planète est échancrée dans ce dernier sens. Observations de M. Arago.

1813. Nuit du 5 au 6 juillet. De $1^h 30^m$ à $1^h 45^m$. La planète est ondulante et baveuse. Diamètre horizontal, 278.25; diamètre ver-

tical. 277.00; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{222}$. Observations de M. Arago.

Nuit du 7 au 8 juillet. De minuit 45^m à 1^h. Mars est un peu voilé et baveux. Diamètre horizontal, 282.00; diamètre vertical, 280.42; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{177}$. Observations de M. Arago.

Nuit du 12 au 13 juillet. De minuit à minuit 45^m. Mars est un peu baveux et a les bords un peu ondulants. Diamètre horizontal. 296.92; diamètre vertical, 294.83; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{142}$. Observations de M. Arago.

16 juillet. De 10^h 50 à minuit 15^m. Le ciel est voilé et Mars est un peu baveux. Diamètre de l'équateur, 302.12; diamètre des pôles, 299.57; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{118}$. Observations de M. Arago.

Nuit du 21 au 22 juillet. De minuit à minuit 30^m. Mars se voit assez bien. Diamètre équatorial, 313.81; diamètre des pôles, 306.36; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{30}$. Observations de M. Arago.

27 juillet. De 11^h 45^m à minuit. Les bords de la planète sont très-ondulants. Diamètre équatorial, 317.93; diamètre des pôles, 310.54; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{43}$. Observations de M. Arago.

28 juillet. De 11^h 55^m à minuit 15^m. Mars est un peu baveux. Diamètre équatorial, 320.48; diamètre des pôles, 308.95; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{28}$.

29 juillet. 11^h 55^m. Mars est ondulant et baveux, et les observations sont peu certaines. Diamètre équatorial, 325.75. Observations de M. Arago.

Nuit du 31 juillet au 1er août. De minuit 30^m à 1^h. La planète se voit bien. Diamètre de l'équateur, 322.89; diamètre des pôles, 312.33; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{30}$. Observations de M. Arago.

Même date. De 1^h 15^m à 1^h 40^m. Mars est toujours assez bien terminé et se voit encore bien. Diamètre de l'équateur, 321.67; diamètre des pôles, 313.35; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{37}$. Observations de M. Arago.

1er août. De 10^h 45^m à 11^h 30^m. Quoique le ciel soit vaporeux, Mars se voit assez bien, excepté vers la fin des observations du diamètre incliné. Diamètre de l'équateur, 322.33; diamètre des pôles, 312.65; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{33}$; diamètre incliné à 45°, 316.81. Observations de M. Arago.

2 août. De $11^h 45^m$ à minuit. Mars se voit bien, mais est un peu ondulant. Diamètre équatorial, 324.12; diamètre des pôles, 309.25; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{22}$. Observations de M. Arago.

Nuit du 3 au 4 août. De $11^h 55^m$ à minuit 15^m. Mars est un peu baveux. Diamètre de l'équateur, 322.17; diamètre des pôles, 311.17; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{29}$. Observations de M. Arago.

7 août. De $11^h 20^m$ à $11^h 45^m$. Mars est un peu baveux. Diamètre de l'équateur, 319.67; diamètre des pôles, 306.45; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{24}$. Observations de M. Arago.

13 septembre. $8^h 15^m$. Mars est baveux et mal terminé. Diamètre polaire, 241.25. Observations de M. Arago.

16 septembre. 9^h. Mars se voit passablement bien. Diamètre des pôles, 230.25. Observations de M. Arago.

19 septembre. $9^h 30^m$. La planète est un peu baveuse, comme à l'ordinaire. Diamètre polaire, 230.11. Observations de M. Arago.

27 septembre. $8^h 30^m$. Mars est baveux, mal terminé et ondulant. Diamètre des pôles, 212.05. Observations de M. Arago.

29 septembre. $8^h 30^m$. Mars est extrêmement baveux. Mesure du plus grand diamètre, 210.58. Observations de M. Arago.

11 octobre. De $7^h 30^m$ à $7^h 45^m$. La planète est échancrée dans le sens de l'équateur; son disque est baveux et les observations sont très-difficiles. Diamètre de l'équateur, 171.25; diamètre des pôles, 185.75. Observations de M. Arago.

19 octobre. De $8^h 30^m$ à 9^h. Le disque est un peu baveux. Diamètre équatorial échancré, 156.05; diamètre polaire, 170.39. Observations de M. Arago.

24 octobre. De $6^h 30^m$ à 7^h. Mars est très-ondulant et baveux, et les observations sont très-difficiles. Diamètre équatorial échancré, 144.00; diamètre polaire, 164.84. Observations de M. Arago.

5 novembre. De $6^h 45^m$ à 7^h. Mars se voit passablement bien. Diamètre équatorial échancré, 131.04; diamètre polaire, 147.42. Observations de M. Arago.

24 novembre. De $5^h 30^m$ à 6^h. Mars est un peu ondulant, et vers 6^h les observations deviennent très-difficiles. Diamètre équatorial échancré, 116.39; diamètre polaire, 128.00. Observations de M. Arago.

8 décembre. 6^h. Mars est un peu faible à cause des brumes. Diamètre polaire, 116.25. Observations de M. Arago.

11 décembre. $5^h 30^m$ à $5^h 45^m$. Mars est baveux par moments.

Diamètre équatorial échancré, 102.87; diamètre polaire, 113.03. Observations de M. Arago.

27 décembre. 8h 30m. Mars est un peu diffus. Les observations sont difficiles et incertaines. Les mesures du petit diamètre sont toujours beaucoup moins faciles que les autres. Le segment doublement éclairé ne s'aperçoit distinctement que lorsque l'un des disques mord sensiblement l'autre. Diamètre équatorial échancré, 96.58; diamètre polaire, 99.42. Observations de M. Arago.

28 décembre. 7h à 7h 30m. La planète est baveuse. Diamètre équatorial échancré, 94.55; diamètre polaire, 97.56. Observations de M. Arago.

30 décembre. 6h 45m à 7h 15m. Mars se voit assez bien, malgré des brumes. Diamètre équatorial échancré, 92.35; diamètre polaire, 96.11. Observations de M. Arago.

1814. 1er janvier. 7h 15m. Mars est diffus. Diamètre polaire, 96.04. Observations de M. Arago.

1er février. Les observations sont difficiles. Diamètre vertical, 77.55. Observations de M. Arago.

1815. 27 septembre. De 11h à 11h 15m. Mars est diffus et les observations sont difficiles. Plus grand diamètre, 282.08; plus petit diamètre, 279.42. Observations de M. Arago.

3 octobre. De 10h 45m à 11h. La planète est un peu diffuse. Plus grand diamètre équatorial, 287.15; plus petit diamètre, 279.85. Observations de MM. Arago et Mathieu.

7 octobre. De 7h 30m à 7h 45m. Mars est diffus par moments. Plus grand diamètre, 254.08; plus petit diamètre, 249.67. Observations de M. Arago.

8 octobre. De 9h 45m à 10h. Le ciel est beau et Mars se voit bien. Diamètre équatorial, 290,32; diamètre polaire, 286.45. Observations de M. Arago.

15 octobre. De 10h à 10h 30m. Le ciel est nuageux, il y a un peu de brouillard et Mars est un peu onduleux. Diamètre équatorial, 288.82; diamètre polaire, 284.88; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{73}$. Observations de M. Arago.

16 octobre. 10h 15m à 11h. Quoique le ciel soit très-nébuleux, Mars n'est pas terminé et se voit bien. Diamètre équatorial, 289.00; diamètre polaire, 285.67; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{87}$. Observations de M. Arago.

17 octobre. De 10h à 10h 30m. Mars est diffus par moments. Le ciel

est beau. Diamètre équatorial, 286.45 ; le diamètre qu'on mesure est presque horizontal. Diamètre polaire, 285.67 : le diamètre qu'on mesure est presque vertical. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{358}$. Pour ces mesures, ainsi que pour quelques-unes des séries précédentes, on a pris pour diamètre polaire le diamètre qui passe par la partie du disque où, à pareille heure, les jours derniers, on voyait la tache brillante polaire ; le diamètre équatorial était perpendiculaire au précédent. Toutefois on n'est pas certain d'avoir bien mesuré cette fois les deux axes de l'ellipse. Observations de M. Arago.

Nuit du 20 au 21 octobre. Minuit 45^m à 1^h 15. Diamètre équatorial, 283.45 ; diamètre polaire, 280,05. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{83}$. Observations de M. Arago.

24 octobre. 8^h 15^m à 8^h 30^m. Mars est un peu diffus et ondulant. Diamètre équatorial, 274.75 ; diamètre polaire, 277.65. Observations de M. Arago.

6 novembre. 7^h 45^m à 8^h. Diamètre équatorial, 244.58 ; diamètre polaire, 248.08. Observations de M. Arago.

1817. 10 décembre. De 8^h 30^m à 9^h, temps vrai. Le temps est brumeux, Mars est faible et difficile à observer ; les résultats des mesures sont un peu incertains. Diamètre équatorial, 224.58. Observations de M. Arago.

15 décembre. De 7^h 45^m à 8^h. Mars est un peu diffus. Diamètre équatorial, 215.25 ; diamètre polaire, 213.95 ; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{79}$. Observations de M. Arago.

20 décembre. 7^h 45^m. Diamètre équatorial, 211.25. Observations de M. Arago.

1837. 5 février. 10^h. La planète est un peu ondulante. Diamètre équatorial, 190.50 ; diamètre polaire, 187.65 ; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{67}$. Observations de M. Arago.

7 février. 10^h 30^m. Diamètre équatorial. 190.92 ; diamètre polaire, 189.95 ; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{197}$. Observations de M. Arago.

1845. 7 août. Minuit. Diamètre équatorial, 320.35 ; diamètre polaire, 323.25. Observations de M. Arago.

9 août. 11^h 30^m. Diverses observations faites tour à tour par M. Arago et les jeunes astronomes de l'Observatoire, donnent les résultats suivants :

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
M. Arago..................	326.45	320.85
M. Eugène Bouvard.......	325.75	321.05
M. Laugier...............	326.25	320.08
M. Goujon................	325.65	320.25
M. Faye..................	324.25	315.92

Nuit du 12 au 13 août. 12^h 15^m à 1^h 30^m.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Laugier.........	326.25	319.45	$\frac{1}{48}$
M. Faye............	331.47	325.75	$\frac{1}{57}$
M. Eugène Bouvard.	326.45	323.75	$\frac{1}{121}$

Nuit du 14 au 15 août. Minuit 30^m. Le ciel est beau et la planète paraît tranquille.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Eugène Bouvard.	328.45	320.85	$\frac{1}{43}$
M. Faye............	328.50	322.65	$\frac{1}{56}$

16 août. Diamètre équatorial, 331.25; diamètre polaire, 318.25; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{25}$. Observations de M. Arago.

17 août. 10^h 15^m à minuit.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Arago...........	331.47	321.92	$\frac{1}{34}$
M. Laugier.........	329.55	321.85	$\frac{1}{43}$
M. Goujon.........	333.25	313.45	$\frac{1}{17}$
M. Faye............	334.85	319.65	$\frac{1}{22}$
M. Eugène Bouvard.	329.63	318.97	$\frac{1}{31}$

19 août. Minuit. Diamètre équatorial, 328.75; diamètre polaire, 321.75; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{49}$. Observations de M. Arago.

20 août. 11h 30m à 1h 30m. L'aspect de Mars, d'abord très-ondulant, devient assez calme. Le ciel est nuageux.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Laugier.........	331.00	322.92	$\frac{1}{40}$
M. Eugène Bouvard..	331.25	318.92	$\frac{1}{26}$
M. Goujon..........	331.25	319.05	$\frac{1}{27}$

22 août. 10h 30m. Mars est très-ondulant.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.	Diamètre à 45° à droite.
M. Arago.....	331.68	320.75	$\frac{1}{30}$	330.50
M. E. Bouvard.	332.25	318.25	$\frac{1}{24}$	328.25
M. Goujon....	332.25	317.58	$\frac{1}{22}$	329.25

24 août. Minuit à 1h.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. E. Bouvard.....	328.68	316.75	$\frac{1}{27}$
M. Goujon..........	329.85	319.85	$\frac{1}{33}$
M. Faye............	328.75	317.65	$\frac{1}{30}$

25 août. 11h 45m à 1h. Mars est très-ondulant.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
M. Faye..............	328.25	319.05
M. Goujon............	323.50	314.00
M. E. Bouvard........	328.25	317.25

29 août. 10h. Mars est ondulant et les observations difficiles.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
M. Goujon............	320.25	312.00
M. Faye..............	324.58	314.85
M. E. Bouvard........	323.08	311.58

30 août. $10^h\ 45^m$.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
M. E. Bouvard........	320.55	310.85
M. Goujon...........	320.45	310.65

31 août. 11^h. Mars est assez tranquille. Diamètre équatorial, 317.65; diamètre polaire, 307.95. Observations de M. Arago.

1847. 22 octobre. Diamètre équatorial, 276.45; diamètre polaire, 265.95. Observations de M. Laugier.

25 octobre. La planète est excessivement ondulante : les observations sont douteuses.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
M. Laugier..........	275.25	270.92
M. Petit.............	270.58	266.50

26 octobre.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Arago...........	280.25	267.85	$\frac{1}{23}$
M. Laugier.........	275.92	267.25	$\frac{1}{31}$

27 octobre. $8^h\ 45^m$.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Arago...........	279.25	267.75	$\frac{1}{24}$
M. Laugier.........	278.92	268.50	$\frac{1}{26}$

28 octobre. $8^h\ 15^m$.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Arago...........	281.42	272.25	$\frac{1}{30}$
M. Laugier.........	276.42	270.85	$\frac{1}{49}$

30 octobre.

Observateurs.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.	Valeur de l'aplatissement.
M. Arago...........	275.25	267.58	$\frac{1}{35}$
M. Laugier.........	276.85	263.75	$\frac{1}{21}$

[Pour déterminer la valeur des parties de l'échelle de la lunette prismatique suivant lesquelles sont exprimées les mesures des diamètres rapportées dans la table précédente, M. Arago a fait, en 1811 et 1812, diverses observations qui sont rapportées dans les registres de ses observations. A la date du 26 décembre 1811, on trouve la Note suivante : « J'ai placé aujourd'hui divers signaux en carton sur la plus occidentale des fenêtres du Luxembourg ; je les ai mesurés, afin de déterminer la valeur des parties de l'échelle. Deux bandes de papier blanc et de $0^{m}.0695$ de largeur avaient été collées sur un carton noir, en sorte que leurs bords intérieurs étaient éloignés l'un de l'autre de $0^{m}.3065$, tandis que la distance de leurs bords extérieurs était égale à $0^{m}.4460$. Les centres étaient éloignés de $0^{m}.3762$. Chacune de ces bandes n'occupait que la moitié de la largeur du carton, en sorte qu'en déplaçant leurs images avec la lunette prismatique, on pouvait les mettre bout à bout, et par conséquent mesurer leur distance en se rendant indépendant de l'irradiation de chaque bande. Le carton des bandes avait été attaché au volet le plus occidental de la fenêtre. Sur le volet oriental de la plus occidentale des fenêtres du Luxembourg, je fixai aussi un carton noir sur lequel était collé un cercle blanc de $0^{m}.268$ de diamètre. Je mis à côté, sur le même volet, un carton blanc contenant des bandes noires et un cercle noir.

« Le cercle noir et les bandes noires étaient originairement de dimensions parfaitement égales à celles du cercle blanc et des bandes blanches ; mais le carton sur lequel étaient collés les signaux noirs ayant été exposé à l'humi-

dité pendant la nuit du 26 au 27, s'était un peu boursouflé, ce qui aurait pu altérer les mesures. J'ai repris au Luxembourg les mesures suivantes sur le carton qui n'était plus parfaitement tendu : diamètre vertical du cercle noir, 0m.267 ; diamètre horizontal du même cercle, 0m.268 ; distance des bandes, 0m.307 ; leur largeur, 0m.0685. »

Les moyennes des mesures faites de la tour de l'ouest de l'Observatoire ont donné en parties de l'échelle de la lunette :

Diamètre du cercle blanc (0m.268)................	617.53
Distance des centres des bandes blanches (0m.3762).	838.36
Largeur des bandes blanches (0m.0695)............	221.78
Largeur des bandes noires (0m.0685)..............	219.37
Diamètre du cercle noir (0m.2675)................	617.63
Intervalle des bandes noires (0m.3755).·..........	838.39

De tous ces nombres il faut retrancher 75.78 à cause de l'erreur du zéro de l'échelle (voir précédemment p. 270).

Le 10 juillet 1812, M. Arago a fait encore placer des mires sur la plus occidentale des fenêtres du Luxembourg. Ces mires, mesurées le jour même où on les a transportées au Luxembourg, ont présenté les dimensions suivantes :

Cercle blanc.	Diamètre........................	0m.411
	Avec le compas on a trouvé.....	0m.4115
	Le rayon mesuré de même donne.	0m.2055
	Une troisième mesure a donné...	0m.411
Cercle noir.	Diamètre........................	0m.4215
	Avec le compas on a trouvé.....	0m.421
	Le rayon mesuré de même donne.	0m.211
	Une troisième mesure a donné....	0m.421

Largeur des bandes blanches................	0m 046
Les bords intérieurs de deux bandes sont éloignés de................................	0m.158
Les bords intérieurs des deux autres..........	0m.153
Les bords extérieurs de deux bandes.........	0m.250
Les bords extérieurs des deux autres.........	0m.2445

A ces mesures il faut ajouter la Note suivante consignée par M. Arago dans ses registres :

« J'ai fait enlever, le 24 octobre 1812, la planche du Luxembourg sur laquelle mes signaux étaient dessinés. Comme le mauvais temps, le soleil et la pluie l'avaient un peu courbé, j'ai repris les mesures à l'Observatoire et j'ai trouvé :

Cercle blanc.	Diamètre horizontal.............	0m.4095
	Diamètre vertical...............	0m.4105
	Diamètre à 45°..................	0m.409
	Autre diamètre à 45°............	0m.4095
Cercle noir.	Diamètre horizontal.............	0m.421
	Autre mesure du même diamètre.	0m.422
	Diamètre à 45°..................	0m.4215
	Autre diamètre à 45°............	0m.4215
	Diamètre vertical...............	0m.4215

« Les bandes blanches n'ont pas la même longueur. Par des mesures prises le 26 octobre 1812, j'ai trouvé que la bande du milieu est la plus longue et égale à 0m.1215; que la bande supérieure (en apparence) est égale à 0m.1175, tandis que la bande inférieure (apparence), la plus petite de toutes, est égale à 0m.1150. »

Les observations faites en juillet, août, septembre et octobre 1812 ont donné les résultats suivants, déduits chacun de la moyenne d'un très-grand nombre de mesures faites de la tour de l'ouest de l'Observatoire :

	Parties de l'échelle de la lunette prismatique.
Distance des bandes supérieures (0^{m}.199)......	477.48
Distance des bandes extrêmes (0^{m}.403)........	887.42
Largeur des bandes blanches (0^{m}.046).........	168.27
Distance des bandes inférieures (0^{m}.204)......	489.08
Diamètre du cercle blanc (0^{m}.411)............	904.70
Diamètre du cercle noir (0^{m}.4215)............	924.88
Longueur des bandes (0^{m}.1215)...............	324.75
Longueur des bandes (0^{m}.1175)...............	316.28
Longueur des bandes (0^{m}.1150)...............	311.98

De tous ces nombres, il faut retrancher 75.78 pour la correction de l'erreur du zéro.

Pour tirer parti de ces mesures, M. Arago a dû faire une opération trigonométrique destinée à déterminer la distance du Luxembourg à l'Observatoire ; cette opération a été exécutée en août et septembre 1812.

La distance du centre de la tour orientale de l'Observatoire au centre de la tour occidentale a été mesurée : 1° avec des règles grises, et a été trouvée égale à 36^{m}.742; 2° avec des règles rouges, et a été trouvée de 36^{m}.743 ; 3° avec un mètre de cuivre porté dans l'alignement des deux centres, sans règle intermédiaire, et a été trouvée de 36^{m}.777.

L'angle pris, dans la tour de l'est, entre le signal de la tour occidentale et le milieu de la fenêtre du Luxembourg sur laquelle les mires étaient établies, a été trouvé, par une moyenne de 10 observations, égal à 89° 51′ 26″.622.

La valeur de l'angle pris, dans la tour de l'ouest, entre le signal de la tour orientale et la mire du Luxembourg a été trouvée de 88° 32′ 0″.91.

Le centre du cercle et les signaux étaient également élevés au-dessus du pavé des tours.

En conséquence, en admettant $36^{m}.76$ pour la distance des centres des deux tours de l'Observatoire, on a $1308^{m}.84$ pour la distance du Luxembourg à la tour de l'est, et $1309^{m}.27$ pour la distance à la tour de l'ouest. Avec la valeur de $36^{m}.74$ pour la distance des centres des tours, on trouve $1306^{m}.43$ et $1306^{m}.86$ pour les distances au Luxembourg.

M. Arago, adoptant la distance moyenne de 1308 mètres, calcule que, d'après les 15 séries d'observations ci-dessus rapportées, une seconde correspond :

pour les mesures de 1811, à	12.819 12.844 13.285 13.285 12.847 12.878	parties de l'échelle de la lunette.
pour les mesures de 1812, à	12.801 12.771 12.750 12.847 12.790 12.774 12.986 12.989 13.015	parties de l'échelle de la lunette.
Moyenne générale.......	12.979	

D'après cette valeur des parties de l'échelle, on calcule que les mesures des diamètres de Mars qui ont été données dans la table précédente (p. 271 à 278), fournissent les grandeurs suivantes exprimées en secondes :]

Table des diamètres de Mars exprimés en secondes.

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
21 mai 1811...........	Diamètre horizontal.	19.41	M. Arago.
	Diamètre vertical...	18.73	
22 mai................	Diamètre horizontal.	19.40	*Id.*
	Diamètre vertical...	18.67	
23 mai................	Diamètre horizontal.	19.10	*Id.*
	Diamètre vertical...	18.62	
24 mai................	Diamètre horizontal.	19.14	*Id*
	Diamètre vertical...	18.78	
	Diam. à 45° à gauche.	18.91	
	Diam. à 45° à droite.	18.57	
28 mai................	Diamètre horizontal.	19.36	*Id.*
	Diamètre vertical...	18.73	
29 mai................	Diamètre horizontal.	19.12	*Id.*
	Diamètre vertical...	18.84	
2 juin................	Diamètre horizontal.	18.81	*Id.*
10 juin................	Diamètre polaire....	18.58	*Id.*
	Diamètre équatorial.	18.55	
Nuit du 6 au 7 juill. 1813.	Diamètre horizontal.	21.42	*Id.*
	Diamètre vertical...	21.33	
Nuit du 7 au 8 juillet...	Diamètre horizontal.	21.71	*Id.*
	Diamètre vertical...	21.59	
Nuit du 12 au 13 juillet.	Diamètre horizontal.	22.86	*Id.*
	Diamètre vertical...	22 70	
16 juillet..............	Diam. de l'équateur.	23.26	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.07	
Nuit du 21 au 22 juillet.	Diamètre équatorial.	24.16	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.59	
27 juillet..............	Diamètre équatorial.	24.48	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.91	
28 juillet..............	Diamètre équatorial.	24.68	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.79	
29 juillet..............	Diamètre équatorial.	25.08	*Id.*
Nuit du 31 juill. au 1er août	Diam. de l'équateur.	24.86	*Id.*
	Diamètre des pôles..	24.05	

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
Même date que ci-contre.	Diam. de l'équateur.	24.77	M. Arago.
	Diamètre des pôles..	24.13	
1er août..............	Diam. de l'équateur.	24.82	*Id.*
	Diamètre des pôles..	24.05	
	Diamètre à 45°......	24.39	
2 août................	Diamètre équatorial.	24.96	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.81	
Nuit du 3 au 4 août....	Diamètre équatorial.	24.81	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.16	
7 août...............	Diam. de l'équateur.	24.61	*Id.*
	Diamètre des pôles..	23.60	
13 septembre..........	Diamètre polaire....	18.58	*Id.*
16 septembre..........	Diamètre des pôles..	17.73	*Id.*
19 septembre..........	Diamètre polaire....	17.72	*Id.*
27 septembre..........	Diamètre des pôles..	16.33	*Id.*
29 septembre..........	Plus grand diamètre.	16.21	*Id.*
11 octobre.............	Diam. de l'équateur..	13.19	*Id.*
	Diamètre des pôles..	14.30	
19 octobre............	Diam. éq. échancré.	12.01	*Id.*
	Diamètre polaire....	13.12	
24 octobre.............	Diam. éq. échancré.	11.31	*Id.*
	Diamètre polaire....	12.69	
5 novembre..........	Diam. éq. échancré.	10.09	*Id.*
	Diamètre polaire....	11.35	
24 novembre...........	Diam. éq. échancré.	8.96	*Id.*
	Diamètre polaire....	9.86	
8 décembre..........	Diamètre polaire....	8.95	*Id.*
11 décembre..........	Diam. éq. échancré.	7.92	*Id.*
	Diamètre polaire....	8.70	
27 décembre..........	Diam. éq. échancré.	7.44	*Id.*
	Diamètre polaire....	7.66	
28 décembre..........	Diam. éq. échancré.	7.28	*Id.*
	Diamètre polaire....	7.51	
30 décembre..........	Diam. éq. échancré.	7.11	*Id.*
	Diamètre polaire....	7.40	

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
1er janvier 1814.......	Diamètre polaire....	7.39	M. Arago.
1er février.............	Diamètre vertical....	5.97	*Id.*
27 septembre 1815.....	Plus grand diamètre.	21.72	*Id.*
	Plus petit diamètre..	21.51	
3 octobre.............	Plus grand diamètre.	22.11	MM. Arago et Mathieu.
	Plus petit diamètre..	21.44	
7 octobre.............	Plus grand diamètre.	19.56	M. Arago.
	Plus petit diamètre..	19.22	
8 octobre.............	Diamètre équatorial.	23.15	*Id.*
	Diamètre polaire....	22.06	
15 octobre.............	Diamètre équatorial.	22.24	*Id.*
	Diamètre polaire....	21.93	
16 octobre.............	Diamètre équatorial.	22.25	*Id.*
	Diamètre polaire....	22.00	
17 octobre.............	Diamètre équatorial.	22.06	*Id.*
	Diamètre polaire....	21.99	
Nuit du 20 au 21 octobre.	Diamètre équatorial.	21.82	*Id.*
	Diamètre polaire....	21.56	
24 octobre.............	Diamètre équatorial.	21.46	*Id.*
	Diamètre polaire....	21.38	
6 novembre...........	Diamètre équatorial.	18.83	*Id.*
	Diamètre polaire....	19.19	
10 décembre 1817......	Diamètre équatorial.	17.29	*Id.*
15 décembre..........	Diamètre équatorial.	16.57	*Id.*
	Diamètre polaire....	16.47	
20 décembre...........	Diamètre équatorial.	16.26	*Id.*
5 février 1837........	Diamètre équatorial.	14.77	*Id.*
	Diamètre polaire....	14.45	
7 février..............	Diamètre équatorial.	14.70	*Id.*
	Diamètre polaire....	14.63	
7 août 1845...........	Diamètre équatorial.	24.66	*Id.*
	Diamètre polaire....	24.89	

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
9 août	Diam. équatorial...	25.14	M. Arago.
	Diamètre polaire...	24.71	
	Diam. équatorial...	25.08	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.72	
	Diam. équatorial...	25.12	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	24.65	
	Diam. équatorial...	25.07	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.66	
	Diam. équatorial...	24.97	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.32	
Nuit du 12 au 13 août.	Diam. équatorial...	25.12	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	24.59	
	Diam. équatorial...	24.75	M. Faye.
	Diamètre polaire...	25.08	
	Diam. équatorial...	25.14	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.92	
Nuit du 14 au 15 août.	Diam. équatorial...	25.29	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.71	
	Diam. équatorial...	25.29	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.84	
16 août............	Diam. équatorial...	25.50	M. Arago.
	Diamètre polaire...	24.50	
17 août............	Diam. équatorial...	25.52	*Id.*
	Diamètre polaire...	24.79	
	Diam. équatorial...	25.37	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	24.78	
	Diam. équatorial...	25.65	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.14	
	Diam. équatorial...	25.73	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.60	
	Diam. équatorial...	25 38	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.56	
19 août............	Diam. équatorial...	25.31	M. Arago.
	Diamètre polaire...	22.77	
20 août............	Diam. équatorial...	25 48	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	24.87	

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
26 août............	Diam. équatorial...	25.50	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.55	
	Diam. équatorial...	25.50	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.57	
22 août............	Diam. équatorial...	25.54	M. Arago.
	Diamètre polaire...	24.70	
	Diam. à 45° à droite.	25.45	
	Diam. équatorial...	25.58	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.50	
	Diam. à 45° à droite.	25.27	
	Diam. équatorial...	25.58	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.45	
	Diam. à 45° à droite.	25.35	
24 août............	Diam. équatorial...	25.31	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.39	
	Diam. équatorial...	25.40	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.63	
	Diam. équatorial...	25.31	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.46	
25 août............	Diam. équatorial...	25.27	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.57	
	Diam. équatorial...	24.91	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.18	
	Diam. équatorial...	25.27	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	24.43	
29 août............	Diam. équatorial...	24.66	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	24.02	
	Diam. équatorial...	24.99	M. Faye.
	Diamètre polaire...	24.24	
	Diam. équatorial...	24.88	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	23.99	
30 août............	Diam. équatorial...	23.68	M. E. Bouvard.
	Diamètre polaire...	23.93	
	Diam. équatorial...	23.67	M. Goujon.
	Diamètre polaire...	23.92	
31 août............	Diam. équatorial...	24.45	M. Arago.
	Diamètre polaire...	23.71	

Dates des observations.	Valeurs des diamètres de Mars.		Noms des observateurs.
22 octobre 1847....	Diam. équatorial...	21.29	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	20.48	
25 octobre.........	Diam. équatorial...	21.19	M. Petit.
	Diamètre polaire...	20.86	
	Diam. équatorial...	20.83	M. Petit.
	Diamètre polaire...	20.52	
26 octobre.........	Diam. équatorial...	21.58	M. Arago.
	Diamètre polaire...	20.62	
	Diam. équatorial...	21.25	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	20.58	
27 octobre.........	Diam. équatorial...	21.51	M. Arago.
	Diamètre polaire...	20.61	
	Diam. équatorial...	21.48	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	20.67	
28 octobre.........	Diam. équatorial...	21.67	M. Arago.
	Diamètre polaire...	20.96	
	Diam. équatorial...	21.28	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	20.85	
30 octobre.........	Diam. équatorial...	21.19	M. Arago.
	Diamètre polaire...	20.60	
	Diam. équatorial...	21.32	M. Laugier.
	Diamètre polaire...	20.31	

CHAPITRE VI

MESURE DES DIAMÈTRES DE MARS FAITES AVEC LE MICROMÈTRE OCULAIRE A GROSSISSEMENT VARIABLE DE M. ARAGO

[Les mêmes registres d'observations de M. Arago d'où ont été extraites les tables précédentes, renferment aussi un certain nombre de mesures des diamètres de Mars faites avec le micromètre oculaire à grossissement variable décrit dans l'*Astronomie populaire* (liv. XIV, t. II, p. 77). Pour déduire de ces mesures les grandeurs des

diamètres, il faut diviser l'angle invariable du prisme qui était de 2173″ par chaque grossissement correspondant à chaque position de la lentille intermédiaire lorsque les images sont tangentes. La table suivante a été dressée d'après ce principe.]

Dates des observations.	Noms des diamètres mesurés.	Parties de l'échelle qui correspondent à la tangence des deux images.	Grossissements correspondants aux parties de l'échelle.	Diamètres calculés.
23 sept. 1815.	polaire	67.50	102.50	21″.20
	équatorial	65.67	104.33	20 .83
27 —	polaire	72.00	98.00	22 .17
	équatorial	71.50	98.50	22 .06
8 octobre	polaire	71.67	98.33	22 .09
26 —	équatorial	73.50	97.50	22 .28
	polaire	71.60	98.40	22 .08
3 novembre	polaire	65.55	104.45	20 .82
	équatorial	66.50	103.50	20 .99
6 —	équatorial	61.90	108.10	20 .10
	polaire	62.83	107.17	20 .28
11 décembre	polaire	46.50	122.50	17 .74
	équatorial	46.40	122.60	17 .72
16 —	équatorial	45.50	124.50	17 .45
	polaire	42.40	127.60	17 .03

CHAPITRE VII

OBSERVATIONS DES TACHES DE MARS

Année 1813.

5 *juillet.* — J'ai examiné plusieurs fois Mars, dans la soirée entre 11h et minuit, avec la lunette de Lerebours armée de différents grossissements et j'ai toujours aperçu dans le bord supérieur apparent de cette

planète une tache blanche, assez étendue et faiblement plus vive que le reste du disque.

7 *juillet*. — On aperçoit au bord supérieur apparent de Mars une tache blanchâtre qui, d'après les observations de Maraldi et d'Herschel entoure le pôle méridional de la planète. Cette tache, comme les deux observateurs que je viens de nommer l'ont remarqué, semble déborder le reste du disque ; elle m'a servi de repère dans les observations que j'ai faites du diamètre polaire ; car alors j'ai établi la tangence des deux images dans le milieu de la largeur du segment éclairé ; pour le diamètre équatorial je me suis placé à 90° de la première position.

J'ai pensé qu'il serait curieux de déterminer le plus exactement possible la largeur de cette tache blanche. Pour cela, pendant les mesures du diamètre équatorial, j'ai fait quelquefois empiéter les deux images l'une sur l'autre de manière à former, dans ce sens, un segment éclairé qui fût semblable à celui que j'apercevais dans le bord supérieur apparent de chaque image. J'ai trouvé, par trois mesures successives, que cette circonstance avait lieu lorsque l'index du prisme s'arrêtait à 315, 319, 319. Par une moyenne on aura 317.67. Retranchant ce nombre de 365.17 qui indique le point du diamètre équatorial, la différence 47.50 exprimera, en parties de l'échelle, la largeur du segment qu'on a formé par la superposition des deux images et, par conséquent, celle de la tache polaire qui, par hypothèse, est égale à ce segment.

[D'après les valeurs des parties de l'échelle rapportées plus haut, la largeur 47.50 correspond à 3″.66.]

Une circonstance qu'il est bon de rapporter ici, c'est

que le segment formé artificiellement par la superposition des deux extrémités du diamètre équatorial est sensiblement moins lumineux que les taches polaires. Ceci est d'autant plus remarquable que les bords de la planète sont sensiblement plus lumineux que le centre. La comparaison d'intensité dont je viens de parler était d'ailleurs très-aisée par la raison que les deux taches étaient très-près l'une de l'autre. On voit, du reste, que la conclusion qui se déduit immédiatement de cette observation, c'est que la tache lumineuse qu'on aperçoit au pôle méridional réel de Mars a une intensité plus que double de celle de toutes les autres parties du disque de cette même planète. Il faut encore noter que la teinte générale de Mars est un rouge assez sensible, tandis que la tache polaire est d'un blanc bien tranché.

12 *juillet*. — Pendant la série de mesures du diamètre équatorial de Mars faites à cette date (voir p. 272), j'ai amené à plusieurs reprises le prisme dans cette position où le segment éclairé qui résultait de la superposition des bords des deux images paraissait avoir une largeur égale à celle de sa tache blanche qu'on aperçoit au pôle méridional (bord supérieur apparent) de la planète. L'index s'est arrêté successivement à

333	332.5	333	d'où moyenne....	332.83
La tangence des deux disques m'a donné....				379.58
D'où largeur du segment ou de la tache.....				46.75

[Cette détermination correspond à 3″.60, le diamètre équatorial étant 22″.86.]

Le segment était un peu moins vif que la tache polaire

d'où l'on peut conclure que cette région de la planète a une intensité de lumière plus que double de celle des autres parties du disque.

16 *juillet*. — La figure suivante (fig. 12) représente

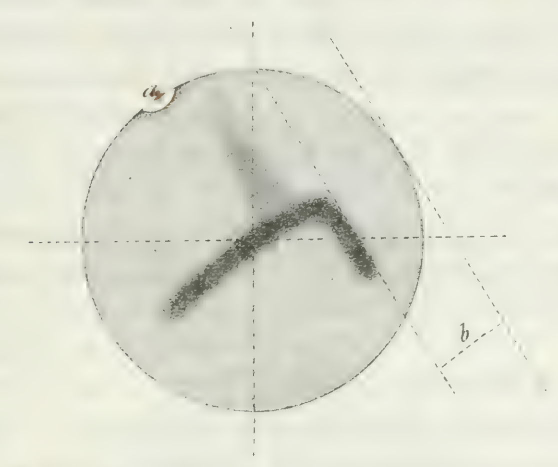


Fig. 12. — Taches de Mars observées le 16 juillet 1813 par M. Arago.

les taches de Mars telles qu'elles m'ont apparu dans la lunette qui renverse les objets.

La tache blanche supérieure *a* me semble sensiblement moins large que ces jours passés, c'est-à-dire que le 7 et le 12 juillet.

L'intervalle *b* me paraît plus petit que le tiers du disque de la planète.

J'ai employé la lunette de Lerebours armée de différents grossissements.

22 *juillet*. — En faisant mordre les deux diamètres de l'équateur, j'obtenais un segment éclairé dont la largeur me paraissait égale à celle de la tache polaire lorsque

l'index s'arrêtait à 368, 366, 374, d'où moyenne 369.33. Ce segment artificiel me semblait plus brillant que la tache polaire, tandis que ces jours derniers j'avais observé le contraire. Les mesures prouvent d'ailleurs que la tache du pôle méridional est sensiblement moins large que pendant mes premières observations. [Si l'on retranche 369.33 de 390.56, nombre obtenu par la tangence des deux disques, on obtient 29.33 ou 2″.25 pour la largeur de la tache polaire, le diamètre équatorial étant 24″.16.]

Ces observations ont été faites à 1^h du matin.

La figure suivante (fig. 13) représente les taches de

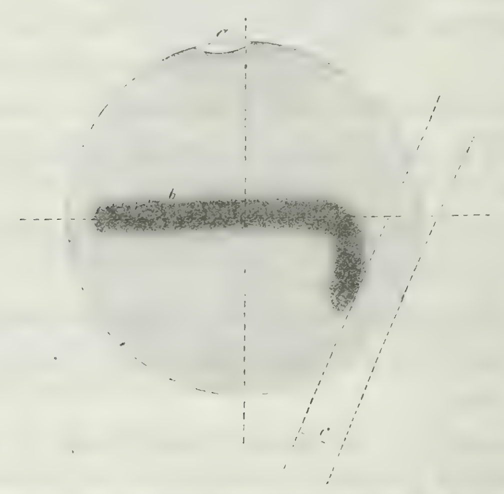


Fig. 13. — Taches de Mars observées le 21 juillet 1813 par M. Arago.

Mars dessinées à 21^h 20^m sidérales (vers 1^h 1/4 de temps vrai), telles qu'elles m'apparaissent dans la lunette : *a* est la tache blanche ; *b* une bande noire ; je crois que l'intervalle *c* est un septième du disque de la planète. Je

n'apercevais pas, il y a une heure, la portion verticale de la bande noire. La tache polaire me semble moins large et moins brillante que ces jours passés; aussi est-il très-probable que la portion qu'on en voit n'était point celle qui a été mesurée le 7 et le 12 juillet. Je ne me souviens pas, en effet, d'avoir aperçu alors, sur le disque de la planète, la bande noire que j'ai dessinée dans la figure ci-dessus.

J'ai employé dans ces observations la lunette de l'Empereur armée des grossissements 150 et 200 fois: avec le premier, les couleurs que produit la dispersion de la lumière dans l'atmosphère étaient insensibles; avec le second, le bord supérieur apparent est rouge et le bord inférieur vert bleuâtre.

27 *juillet* (à $19^h 10^m$ sidérales, vers $10^h 3/4$ de temps vrai). — J'ai examiné Mars pendant une éclaircie avec la lunette de Lerebours; le disque était ondulant et baveux: il m'a semblé cependant reconnaître que la tache blanche qui entoure le pôle supérieur apparent a atteint de nouveau l'éclat et l'étendue qu'elle avait pendant les observations du 7 et du 12 juillet; toujours est-il bien certain qu'elle surpasse sensiblement la tache du 22 juillet. On n'aperçoit pas la bande noire crochue que j'ai dessinée ces jours derniers (fig. 12 et 13), et qui semble si propre à déterminer la durée de la rotation de la planète. Du reste, toutes ces observations ont été faites par des circonstances atmosphériques très-défavorables.

28 *juillet*. — En faisant mordre les deux bords horizontaux de la planète, j'ai reconnu que le segment lumi-

neux que j'obtenais de cette manière était aussi large que la tache polaire lorsque l'index s'arrêtait à

383 et 380 et par une moyenne à........	381.50
La mesure du diamètre équatorial donnant...	402.68
On a pour la largeur de la tache polaire....	21.18

[Cette mesure correspond à 1″.63 pour la largeur de la tache polaire, le diamètre équatorial étant 24″.48.]

1er *août*. — Entre $10^h 3/4$ et 11^h j'ai trouvé que les bords horizontaux des deux images de la planète se mordaient d'une quantité égale à la tache polaire lorsque l'index correspondait à

377, 376, 373, et en moyenne à.........	375.33
La mesure du diamètre équatorial donnant..	407.08
On a pour la largeur de la tache..........	31.75

[Cette mesure correspond à 2″.44, le diamètre équatorial étant 24″.82.]

2 *août*. — Pendant les mesures du diamètre équatorial que j'ai faites aujourd'hui, c'est-à-dire vers $11^h 3/4$ de temps vrai, j'ai reconnu que la tache blanche du bord supérieur apparent est égale en largeur au segment éclairé qui résulte de la superposition des deux disques, lorsque l'index de l'échelle s'arrête à

375, 374, 375, et par une moyenne à......	374.67
La mesure du diamètre équatorial ayant donné.	408.87
La largeur de la tache est..................	34.20

[Cette mesure correspond à 2″.63, le diamètre équatorial étant 24″.96.]

18 *août*. $19^h 50^m$ sidérales (vers 10^h de temps vrai). —

Les taches de Mars sont représentées par la figure 14 telles qu'elles m'apparaissent renversées dans la lunette

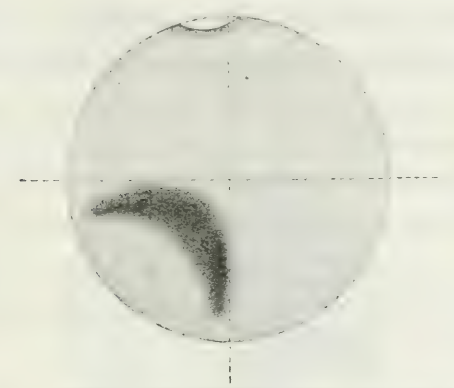


Fig. 14 — Taches de Mars observées le 18 août 1813 par M. Arago



Fig. 15. — Aspect de Mars le 19 août 1813.

de Lerebours avec un grossissement de 190 fois environ.

19 *août* 1813 (à $18^h 45^m$ de temps sidéral). — Mars est assez brillant (fig. 15); ses bords sont très-dentelés

et baveux. La tache ne se voit pas mal par moments. (Observation que M. Mathieu a eu la complaisance de faire pendant mon voyage à Soissons.)

20 *août* (vers $20^h 20^m$ de temps sidéral). — Mars est trouble et baveux : la tache (fig. 16) ne se voit jamais

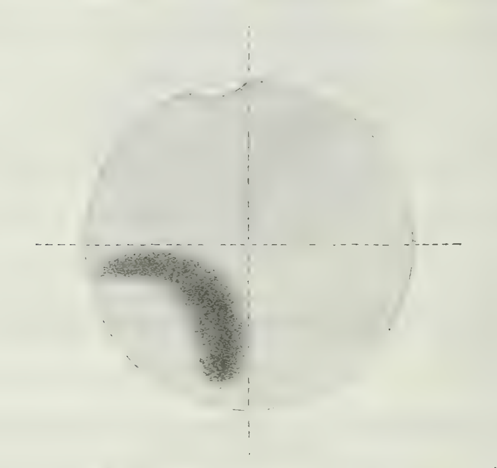


Fig. 16. — Aspect de Mars le 20 août 1813.



Fig. 17. — Aspect de Mars le 23 août 1813.

bien distinctement; cependant sa configuration et sa position doivent être assez exactes. (Observation de M. Mathieu.)

23 *août* (vers 20h 25m de temps sidéral). — Mars est un peu trouble et diffus vers ses bords; on n'a pas mal vu la tache (fig. 17) par intervalles, mais, il est vrai, pendant des instants très-courts. (Le grossissement employé est de 191 fois. (Observation de M. Mathieu.)

24 *août* 1813 (vers 21h 10m de temps sidéral). — Mars est un peu ondulant. Cependant l'observation (fig. 18) se fait bien. Le grossissement est de 191 fois.

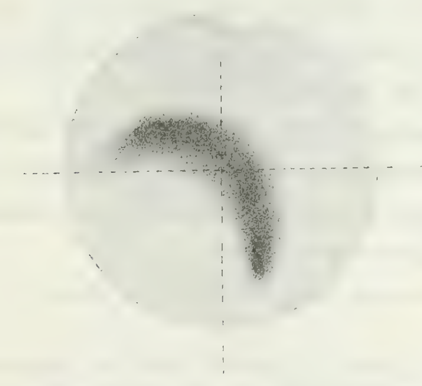


Fig. 18. — Aspect de Mars le 24 août 1813.

11 *octobre*. — On aperçoit encore très-distinctement la tache brillante dont est entouré le pôle supérieur apparent de Mars. Je consigne ici cette observation, parce que Flaugergues a imprimé, dans le dernier cahier du *Journal de physique*, que la tache a disparu un mois après sa première apparition.

19 *octobre*. — La tache brillante du pôle austral (du

bord supérieur apparent) est très-visible : il m'a semblé, par différents essais, que sa largeur est de plus de 1″, peut-être même de 1″.5.

5 *novembre.* — La tache blanche polaire de Mars est maintenant très-petite et se voit à peine ; cependant je l'ai aperçue d'abord pendant les mesures que j'ai faites à 7 heures et ensuite à 8^h 1/2 avec la lunette de Lerebours.

24 *novembre.* — On voit encore la tache brillante du pôle austral de Mars dans le bord supérieur apparent du disque.

11 *décembre.* — J'aperçois encore par moments la tache polaire de Mars comme un petit point blanc, et c'est là ce qui détermine dans quel sens je dois prendre le diamètre polaire. Du reste, l'inégalité des deux diamètres est très-sensible à l'œil.

30 *décembre* (6^h 3/4). — Mars se voit assez bien. J'ai cru par moments apercevoir des traces de la tache polaire. Je suis, du reste, assez sûr d'avoir mesuré le plus grand diamètre de la planète.

Année 1815.

2 *octobre.* — Il est 11^h 1/4 de temps vrai : la tache lumineuse du bord supérieur en apparence (pôle austral de la planète) ne touche pas le bord ; la tache est sensiblement moins étendue que l'an dernier.

7 *octobre* (7^h 1/4). — On voit la tache brillante polaire ; elle touche le bord et est extrêmement petite.

7^h 3/4. — On voit encore la tache polaire, mais elle est

très-petite; je ne crois pas, après diverses épreuves, qu'elle sous-tende plus de 1″.

8 *octobre* (à $23^h 25^m$ de temps sidéral, vers $10^h 1/2$ de temps vrai). — La tache polaire est extrêmement petite; elle ne sous-tend pas *une seconde*. Je ne crois pas qu'elle touche au bord de la planète, mais elle en est très-près.

15 *octobre*. — Durant les mesures que j'ai faites aujourd'hui, je n'ai pas aperçu la tache brillante du pôle aus-

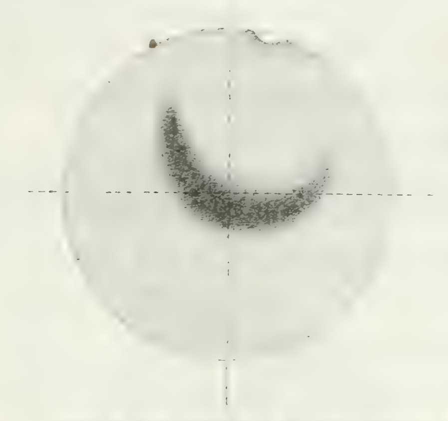


Fig. 19. — Taches de Mars observées le 20 octobre 1815 par M. Arago.

tral : les circonstances n'étaient pas favorables pour cette observation. Mais si les dimensions de la tache avaient été aussi considérables que dans quelques-unes des observations précédentes, elle aurait été certainement visible.

16 *octobre*. — Je n'ai pas aperçu la tache brillante du pôle austral de Mars; est-ce à cause de son extrême petitesse, ou parce qu'elle est derrière le disque apparent? C'est ce qui pourra être décidé par des observations ultérieures.

17 *octobre* (à 11h 1/2). — J'ai examiné Mars avec la lunette de Lerebours armée du grossissement 134. Je n'ai aperçu aucune trace de la tache brillante du pôle austral. Je substitue le grossissement 191 au précédent, mais sans voir davantage cette tache.

20 *octobre* (à minuit précis, temps vrai). — Il me semble de temps en temps apercevoir de très-légères traces d'une tache brillante au pôle austral de Mars qui dans la lunette présente l'aspect suivant (fig. 19) ; mais le diamètre en est si petit, ses apparences sont si fugitives que je ne me hasarderais pas à répondre de leur réalité. J'observe dans les cabinets, avec la lunette de Lerebours armée du grossissement 134.

26 *octobre*, minuit précis. — La tache brillante du pôle austral de Mars (fig. 20) touche le bord de la planète et



Fig. 20. — Taches de Mars observées le 26 octobre 1815 par M. Arago.

semble même par moments le déborder un peu : son diamètre est tout au plus d'une demi-seconde. La bande obscure ne touche d'aucun côté le bord de la planète.

Les observations sont faites avec la lunette de Lerebours armée du grossissement 191.

3 *novembre* ($11^h 1/4$). — On voyait un peu la tache polaire de Mars; il m'a semblé qu'elle touchait au bord de la planète.

6 *novembre* ($7^h 3/4$). — On voit la petite tache polaire blanchâtre.

(A $11^h 1/4$.) — On ne voit pas parfaitement les détails de la tache noire à cause des ondulations de l'air, qui rendent souvent Mars diffus.

Année 1817.

11 *décembre*. — On ne voit qu'une très-petite partie de la tache lumineuse polaire.

16 *décembre*. — A peine soupçonne-t-on la tache brillante polaire.

20 *décembre*. — On voyait un tant soit peu la tache blanche sur le bord de la planète.

Année 1845.

16 *août*. — L'empiétement des deux disques fournit un segment éclairé égal en largeur et en intensité à la tache polaire lorsque l'index s'arrête à 365. Si l'on retranche ce nombre de 416 qui indique le point où s'arrête l'index pour le diamètre équatorial, on a 51 parties de l'échelle, ou 3″.93 pour la largeur de la tache.

17 *août*. — L'empiétement des deux images fournit

un segment de la même largeur que la tache lorsque l'index s'arrête à 368. Je trouve 416 pour le diamètre équatorial. La largeur de la tache est donc 48 parties de l'échelle ou 3″.70. La tache paraît un peu moins lumineuse que la veille et semble atteindre le bord.

22 *août*. — L'empiétement des deux disques est égal à la tache, mais moins lumineux lorsque l'index s'arrête à 376.5. Retranchant ce nombre du diamètre équatorial 416.4, j'obtiens 39.9 parties de l'échelle ou 3″.07 pour la largeur de la tache.

Année 1847.

27 *octobre*. — On ne distingue pas la tache polaire.

28 *octobre*. — On croit voir la tache polaire supérieure.

DE

L'INFLUENCE DES LUNETTES

SUR LES IMAGES

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Lorsque Galilée commença à appliquer les lunettes à l'étude de notre monde planétaire et du ciel étoilé, le mode d'action des deux lentilles dont ces instruments se composent n'était nullement connu ; aussi vit-on s'élever des doutes sur l'exactitude des résultats annoncés par l'illustre philosophe de Florence.

Une académie, celle de Cortone, je crois, — car les académies en corps se trompent quelquefois comme les individus isolés, — alla même jusqu'à décider que les merveilles dévoilées par Galilée n'avaient rien de réel et qu'elles étaient engendrées par les lunettes dont il faisait usage.

Le savant Clavius, auteur du grand ouvrage sur le calendrier, disait, à une certaine époque, que la lunette engendrait les satellites de Jupiter avant de les faire voir. (Venturi, tome I, page 142.)

Un philosophe de Pise, nommé Libri, montra une telle obstination à ce sujet qu'il ne voulut jamais mettre l'œil à une lunette pour voir les satellites. (Venturi, tome I, page 144.)

Depuis, le scepticisme n'a pas été jusqu'à ce point, mais on peut légitimement se demander si les objets sont présentés suivant leur forme et leur dimension réelle dans les lunettes et dans les télescopes, instruments, il faut le remarquer, qui n'ont jamais la perfection mathématique que la théorie suppose.

Vu le degré de précision auquel on aspire maintenant, on peut dire que les séries de mesures faites avec le plus de soin méritent une entière confiance alors seulement que l'observateur s'est assuré par des épreuves directes que la lunette ou le télescope dont il s'est servi n'a introduit dans les résultats rien d'erroné.

Avant de continuer mes communications sur la forme, les dimensions et la constitution physique des planètes, j'ai regardé comme indispensable de chercher dans mes registres les moyens de faire disparaître les doutes que je viens de soulever, et de circonscrire dans de justes limites les erreurs de l'instrument que j'employais. Tel est le but du Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie [1].

1. Ce Mémoire, destiné à l'Académie des sciences, ainsi que le prouve le texte, a été dicté par M. Arago quatre mois seulement avant sa mort.

CHAPITRE II

MA LUNETTE N'ALTÉRAIT PAS LA FORME DES OBJETS!

Ayant établi sur la face méridionale du Luxembourg un cercle blanc tracé sur une planche noircie, j'ai placé cette planche perpendiculairement à la ligne menée de son centre à la tour occidentale de l'Observatoire où était ma lunette; j'ai mesuré alors les divers diamètres de ce cercle (voir précédemment p. 279 à 283). Ils furent trouvés ainsi qu'il suit :

Diamètre vertical........................	41″.67
Diamètre horizontal......................	41 .70
Diamètre incliné à l'horizon de 45°..........	41 .66

On pourra regarder comme une conséquence légitime de ces observations que l'image d'un objet circulaire était restée parfaitement circulaire dans la lunette et que dès lors celle-ci n'en altérait nullement la forme.

CHAPITRE III

Y AVAIT-IL DANS MA LUNETTE DES EFFETS SENSIBLES PROVENANT DES ABERRATIONS DE SPHÉRICITÉ, DE RÉFRANGIBILITÉ ET DE L'IRRADIATION ?

Les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité jointes à l'irradiation doivent augmenter le diamètre d'un cercle blanc se projetant sur un fond noir et diminuer le diamètre d'un cercle noir se projetant sur un fond blanc. La fenêtre du Luxembourg où se trouvait le cercle blanc

dont il est question dans le paragraphe précédent portait un cercle noir d'une dimension égale que j'ai mesuré de la même place et avec le même instrument :

Diamètre horizontal........................	41″.56
Diamètre vertical...........................	41 .69

La différence entre ces mesures et celles du cercle blanc est assez petite pour m'autoriser à conclure que les trois causes d'erreur dont je viens de parler ne s'élevaient pas en somme à un dixième de seconde.

Cette conséquence est confirmée par les mesures que je fis, non plus de deux cercles, mais de bandes rectilignes blanches et noires de même largeur et se projetant l'une sur un fond noir, et l'autre sur un fond blanc.

La largeur de la bande blanche fut trouvée de	11″.24
Celle de la bande noire de..................	11 .21

Le 17 novembre 1810 je fis aussi plusieurs séries de mesures du diamètre horizontal et du diamètre vertical d'un disque découpé dans un réverbère lumineux placé dans une des salles du Luxembourg. Le diamètre du disque était de 0m.273. Je trouvai dans une première série d'observations faites avec un grossissement de 140 fois :

Diamètre horizontal........................	42″.92
Diamètre vertical...........................	42 .91

Dans une seconde série, en employant un grossissement de 200 fois, j'obtins :

Diamètre horizontal........................	42″.75
Diamètre vertical...........................	42 .73

CHAPITRE IV

L'INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE EXERCE-T-ELLE UNE INFLUENCE SUR LES DIAMÈTRES DES DISQUES?

Pour résoudre cette question, on a mesuré le diamètre vertical d'un cercle blanc, d'abord avec un oculaire formé de lentilles parfaitement diaphanes, et ensuite avec un oculaire composé de lentilles de verre très-vert. Les premières mesures ont donné 41″.67, les secondes, celles effectuées avec le verre vert, ont donné 41″.63. On voit que l'affaiblissement causé dans la lumière par l'oculaire vert n'a rien produit de sensible sur les mesures.

CHAPITRE V

L'ÉCLAT D'UN ASTRE INFLUE-T-IL SUR LES VALEURS DES DIAMÈTRES?

Les mesures suivantes pourront aider à résoudre la question de savoir si l'éclat d'un astre influe sur les valeurs obtenues pour les mesures de ses diamètres.

26 *mars* 1812.

Diamètre de Vénus. On se sert d'un verre rouge foncé............................	14″.26
Même diamètre à travers un verre vert faible	13 .89
Même diamètre sans verre coloré...........	13 .65

La planète est très-ondulante.

17 *mai* 1812.

Diamètre de Vénus, observation faite de jour	22″.17
Même diamètre, observation faite de nuit...	22 .12

5 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus sans verre coloré (il est encore jour)............................ 28″.80
Même diamètre avec un verre rouge foncé... 28 .40

Les observations sont difficiles quand on place le verre coloré devant l'oculaire.

Diamètre de Vénus avec un verre foncé verdâtre.................................. 27″.92
Même diamètre sans verre coloré (il fait nuit) 28 .11

9 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus avec un verre rouge foncé 29″.70
— sans verre coloré......... 30 .01

Vénus est très-ondulante.

11 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus sans verre coloré (il fait jour)................................ 30″.59
Diamètre de Vénus, verre vert foncé (nuit close).................................. 30 .36

Vénus est ondulante.

12 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus, verre vert (il fait jour). 31″.00
— sans verre coloré....... 31 .06

28 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus sans verre coloré........ 39″.30
— verre vert.............. 39 .15

29 *juin* 1812.

Diamètre de Vénus, verre vert.............. 39″.27
— sans verre coloré....... 39 .42

Les observations sont difficiles.

La diminution de l'éclat de Vénus par l'interposition d'un verre coloré n'a amené, comme on le voit, qu'une diminution de 1 à 2 dixièmes de seconde dans la mesure des diamètres.

CHAPITRE VI

DE L'ACTION DES DIAPHRAGMES SUR LA GRANDEUR DES IMAGES

S'il est aujourd'hui un fait démontré en astronomie, c'est que les étoiles, à la distance qui nous en sépare, ont des diamètres inappréciables. Et cependant quelles que soient les lunettes avec lesquelles on observe ces astres, leurs diamètres se présentent sous des angles très-sensibles.

Les énormes différences qu'offrirent les formes des étoiles observées à l'origine avec des lunettes et les valeurs du diamètre d'une même étoile données par divers astronomes étaient bien propres à faire supposer que ces diamètres n'avaient rien de réel. Hévélius parvint, lui, à rendre les formes des étoiles constantes, rondes, bien terminées, bien définies, en plaçant devant l'objectif de sa lunette une plaque métallique percée d'un trou rond de petit diamètre. Il se persuada alors avoir triomphé de la difficulté du problème. Cependant en remplaçant la première ouverture par une plus resserrée, il aurait vu ses disques s'agrandir sans rien perdre de leur netteté.

Quoi qu'il en soit, il trouva que :

Sirius avait un diamètre de..................	6″.3
La Chèvre..................................	6 .0
Régulus....................................	5 .1
Les étoiles de seconde grandeur..............	4 .5
etc., etc.	

Gassendi, d'après des observations faites avec un objectif à ouverture réduite, donnait à Sirius un diamètre de 10″.

Jacques Cassini, à l'aide d'une lunette de 34 pieds (9m.85), et une ouverture de carton placée devant l'objectif, attribuait au même diamètre une valeur de 5″.

Halley a indiqué en 1720 (*Transactions philosophiques*, t. XXXI, p. 3) les occultations par la Lune comme un moyen de prouver que les diamètres assez sensibles qu'ont les étoiles dans les meilleurs lunettes ne sont pas réels et tiennent à une illusion d'optique. Je ne sais pas exactement s'il est le premier qui ait eu cette idée.

Usher est à ma connaissance le premier qui, dans un Mémoire publié en 1788 dans le second volume de l'Académie d'Irlande, ait signalé, en gros, la vraie cause de l'élargissement du diamètre des étoiles et de la forme circulaire que ces astres affectent lorsqu'on les regarde à travers une lunette dont l'ouverture a été considérablement réduite.

« J'ai reconnu, dit-il, que l'amplification des images des étoiles au foyer des lunettes doit être attribuée à l'inflexion de la lumière. En diminuant considérablement l'ouverture du diaphragme, je rendais l'image de la Polaire si grande, si ronde, si bien tranchée, qu'on pouvait observer séparément les passages au méridien de ses deux bords et de son centre. »

Depuis cette époque on a publié des théories plus ou moins complètes de la formation des images agrandies des étoiles au foyer des objectifs, fondées sur la doctrine des interférences. Au nombre de ces publications nous aurions à citer un ouvrage fort étendu et fort savant de M. Schwerd.

Considérons maintenant comment une petite ouverture doit agir sur les dimensions de l'image, non plus d'un seul point, mais de celle d'un corps planétaire, c'est-à-dire d'un corps ayant un disque sensible, sur les dimensions des images de Vénus et de Mars, par exemple.

Chaque point du contour de la planète pouvant être considéré comme une étoile sans dimension appréciable, son image focale devra être agrandie comme le serait, par l'action des bords du diaphragme, l'image d'une étoile proprement dite. Un diaphragme qui donnerait aux étoiles un diamètre factice de 4″ semblerait devoir augmenter de la même quantité le diamètre apparent de Vénus, de Mars, de Jupiter, de Saturne.

Cette déduction est naturelle, et je la trouve consignée en ces termes dans une note de l'illustre astronome Bessel adressée à M. de Humboldt :

« Les étoiles ont des disques factices dans les meilleures lunettes; il n'est pas douteux que l'agrandissement des disques n'ait aussi lieu pour les planètes. »

Une décision aussi formelle, émanant d'une telle autorité, m'imposait le devoir de rechercher, dans mes anciennes mesures micrométriques, de combien on s'éloignerait des dimensions réelles des astres en se fondant

sur leurs dimensions apparentes. Tel est le but principal de la discussion à laquelle je vais me livrer.

La lunette dont je me suis servi dans toutes mes observations micrométriques avait $2^{m}.35$ de longueur focale, et le diamètre de son objectif était de 162 millimètres.

Un diaphragme retranchant les rayons qui passent près des bords de l'objectif supprime ou amoindrit les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité ; il doit donc contribuer à diminuer la grandeur apparente des images. Nous avons vu (p. 307), par des observations comparatives d'un cercle blanc se projetant sur un fond noir et d'un cercle noir se projetant sur un fond blanc, que ces deux genres d'observations étaient insensibles dans la lunette dont je me servais, lors même que tout l'objectif était à découvert. Je n'ai donc à examiner que l'action toute spéciale qu'un diaphragme pourrait exercer.

J'ai employé quatre diaphragmes dont le premier avait 45 millimètres d'ouverture. La valeur du diamètre du second diaphragme a été égarée. Le troisième avait 20 millimètres ; le quatrième 10 millimètres.

Le 2 octobre 1811, avec le diaphragme n° 1, Arcturus avait un disque de 3″.95.

Avec le diaphragme n° 3, le disque était de 7″.63. Par conséquent, avec le diaphragme n° 2, dont l'ouverture était intermédiaire entre celle du diaphragme n° 1 et celle du diaphragme n° 3, l'étoile devait avoir un diamètre intermédiaire entre 3″.95 et 7″.63 ou d'environ 6″.

Avec le diaphragme n° 4 le disque était de 13″.65[1].

1. Il eût été désirable de pouvoir joindre à ces observations la valeur du diamètre de l'étoile observée avec toute l'ouverture de

Le 23 novembre 1810, avec le même instrument, quand je me servais de toute l'ouverture de la lunette, le diamètre de Vénus était de 42″.62 ; avec un diaphragme n° 2 il était de 42″.41.

Le 31 mai 1812, le diamètre de Vénus, observé sans diaphragme, était de 26″.33 ; avec le diaphragme n° 1 il était de 26″.18 ; avec le diaphragme n° 2, de 26″.06 [1].

Quand il s'agissait d'une étoile dans le passage du diaphragme n° 1 au diaphragme n° 2, le diamètre d'Arcturus augmentait de 2″ ; dans les mêmes circonstances, le diamètre de Vénus, loin d'augmenter, a diminué de 0″.12. Ainsi on peut admettre que chaque point du disque de la planète ne se comporte pas dans cette observation comme l'eût fait un point isolé ; et la conjecture de Bessel se trouve démentie par les faits.

Aurait-on le droit de conclure de là que la lumière réfléchie se comporte autrement que la lumière directe et beaucoup plus vive provenant des étoiles? Nullement ; il est probable que chaque point du contour d'une planète se trouve dilaté par l'influence de l'écran comme l'est l'image d'une étoile, mais qu'à cause de la faiblesse de la lumière cette image dilatée se réduit à un point. Les anneaux obscurs et lumineux dont l'image d'une étoile est

l'objectif, mais ce diamètre ne fut pas mesuré parce qu'il était trop irrégulier. Pourquoi une lunette qui terminait si mal une étoile donnait-elle une image passablement nette de Vénus? C'est une question qui mérite d'être sérieusement examinée.

1. Avec le diaphragme de 10 millimètres, les bords de la planète étaient diffus. Mais une circonstance très-remarquable, c'est qu'on pouvait alors enfoncer l'oculaire de 2 ou 3 centimètres sans augmenter la diffusion.

entourée ne sauraient se voir quand on observe une planète dans les mêmes circonstances; car les anneaux obscurs provenant des points situés sur le bord extrême doivent correspondre aux anneaux lumineux fournis par des points placés dans l'intérieur du disque, d'où résulte une lumière faible et continue. Telle est probablement la cause de cette lueur indéfinie dont les images des astres sont entourées dans les meilleures lunettes, même dans celles dont les objectifs et les oculaires sont formés du verre le plus pur. Quoi qu'il en puisse être de cette explication, nous pouvons déduire du fait cette conséquence inattendue que les diamètres des planètes les plus brillantes, ceux de Vénus et de Mars, par exemple, n'étaient nullement augmentés lorsqu'on substituait à toute l'étendue de l'objectif la portion réduite qu'un diaphragme laissait à découvert.

La détermination des dimensions de l'orbite de Vénus et conséquemment la détermination des distances de cette planète à la Terre aux différentes époques de l'année ne repose nullement sur la mesure des diamètres de la planète; on pourrà donc recourir à ces distances pour résoudre des questions relatives au diamètre sans craindre d'être accusé de faire un cercle vicieux. Déjà, depuis longues années, je me suis servi de la considération des diamètres mesurés à différentes distances pour prouver que dans ma lunette les images de Vénus ne sont sujettes à aucune irradiation. Le même raisonnement servira à prouver que les diaphragmes ne produisent sur ces diamètres aucune augmentation sensible.

Supposons, en effet, qu'on mesure Vénus en se ser-

vant d'un diaphragme lorsque son diamètre est petit; admettons de plus que le diamètre mesuré soit égal au diamètre réel de l'astre augmenté d'une demi-seconde seulement, lorsqu'on déduira de ce diamètre mesuré celui que doit avoir la planète lorsqu'elle sera plus voisine de la Terre, quand elle sous-tendra un angle double du premier, par exemple, on multipliera par 2 non-seulement le diamètre réel correspondant à la première époque, mais encore la demi-seconde formant une auréole factice provenant de l'action du diaphragme. Le diaphragme devant produire le même effet sur le bord d'une grande ou d'une petite planète, il y aurait donc une différence d'une demi-seconde entre le grand diamètre observé et celui qu'on déduirait par le calcul du petit diamètre. Or, de telles différences n'existent pas ou se manifestent même en sens contraire; nous pouvons donc affirmer que le petit diamètre de la planète n'était nullement augmenté par l'action du diaphragme, ce qui est parfaitement conforme aux résultats déduits des mesures directes de la planète faites un seul et même jour avec des ouvertures différentes de l'objectif.

Lorsque je songeai à tirer parti de mes anciennes mesures micrométriques, il me vint à la pensée qu'il serait convenable de s'assurer que les résultats obtenus sur l'action des diaphragmes n'étaient pas particuliers à mon œil, et j'invitai M. Laugier à répéter mes observations en se servant de la lunette prismatique dont j'avais fait usage. Voici les résultats qu'il m'a communiqués :

Numéros des diaphragmes.	Diamètres des diaphragmes.	
1	49	millimètres.
2	39.5	—
3	29.5	—
4	19	—
5	8	—

30 janvier 1851. — Sirius, sans diaphragme, mal terminé et très-difficile à observer		6″.5
Avec le diaphragme	n° 1, le diamètre est	6 .2
—	n° 2	6 .6
—	n° 3	7 .6
—	n° 4	10 .2
—	n° 5	19 .0

14 janvier 1851. — Diamètre polaire de Saturne sans diaphragme	16″.8
Avec le diaphragme n° 3	16 .6

On voit donc qu'avec ce diaphragme le diamètre était plus petit que sans diaphragme, tandis qu'on aurait pu s'attendre à une augmentation de 7″, en partant du moins de la supposition que le diamètre réel de l'étoile était insensible.

14 janvier 1851. — Diamètre polaire de Jupiter sans diaphragme	37″.08
Avec le diaphragme n° 3	37 .17

Ici les différences des deux observations sont en sens inverse par rapport aux précédentes. On peut donc conclure qu'il n'y a eu, dans les observations de M. Laugier non plus que dans les miennes, aucune influence exercée par la présence des diaphragmes sur le diamètre des images.

SUR

LE TRAITÉ DE M. BREWSTER

RELATIF AUX INSTRUMENTS

[L'article suivant sur l'ouvrage de M. David Brewster intitulé : *A Treatise on new philosophical instruments for various purposes in the arts and sciences, with experiments on light and colours*, a été inséré en 1814 dans le *Bulletin de la Société philomathique*.]

Dans le premier livre de l'ouvrage dont je vais présenter l'analyse, l'auteur donne une description détaillée des micromètres qui peuvent être appliqués soit aux télescopes ou lunettes astronomiques, soit aux microscopes proprement dits. Quelques-uns de ces instruments sont entièrement nouveaux; d'autres présentent de simples modifications sur lesquelles il nous serait difficile d'avoir une opinion arrêtée, jusqu'à ce qu'il nous ait été possible de terminer des expériences que nous avons déjà commencées, et qui nous fourniront peut-être par la suite l'occasion de revenir sur cet objet intéressant. Nous nous trouverons obligé, par les mêmes raisons, de passer légèrement sur le second livre, où l'auteur donne la description d'un

nouveau goniomètre à réflexion, pour la mesure des angles des cristaux, d'un autre instrument du même genre, à double image, d'un micromètre angulaire à fils, et de quelques autres appareils destinés à donner l'angle formé par deux lignes, lorsque l'œil ne peut pas être placé à leur point de concours.

Dans le troisième livre de son ouvrage, M. Brewster s'occupe des instruments qui peuvent servir à mesurer promptement des bases ou des distances. Tout le monde sait que, pour résoudre ce problème, il suffit de mesurer l'angle que sous-tend une mire de dimensions connues et placée d'une manière convenable, verticalement, par exemple; bien entendu qu'une erreur d'un certain nombre de secondes dans l'évaluation de cet angle occasionne, toutes choses égales, une erreur d'autant plus grande sur le calcul de la distance, que l'angle est plus aigu. Malheureusement, dans la plupart des micromètres, les erreurs auxquelles on est exposé augmentent au delà de certaines limites, à mesure que l'angle devient plus ouvert. Aussi le sextant à réflexion, qui n'a pas ce défaut, et qu'on peut appliquer d'ailleurs à des observations si utiles et si variées, nous semble-t-il être l'instrument le plus propre à résoudre les questions de ce genre. Quoi qu'il en soit, plusieurs physiciens et artistes très-habiles ont cherché à suppléer à l'usage des instruments à réflexion par des moyens qui, s'ils n'ont pas la même exactitude, ont du moins l'avantage de n'exiger presque aucune pratique de la part de celui qui les emploie. Au nombre de ces instruments on doit placer en première ligne la lunette à cristal de roche de M. Rochon, dont les astronomes

peuvent tirer un parti si avantageux pour la mesure des petits angles, et le micromètre de Ramsden, dont on se sert encore dans la marine anglaise. Ce micromètre, qu'on pourrait appeler un héliomètre oculaire, peut s'adapter à toutes sortes de lunettes, car il ne diffère d'un oculaire ordinaire qu'en ce que la lentille est coupée par le milieu; les objets sont simples lorsque les centres des deux demi-lentilles coïncident; mais pour peu que ces centres soient éloignés, il se forme deux images, et l'intervalle qui les sépare devient d'autant plus grand, que les deux segments de l'oculaire sont plus éloignés de la position primitive. On voit, en un mot, que le mouvement des images qui, dans l'héliomètre de Bouguer, s'obtient par le déplacement des deux moitiés de l'objectif, est produit, dans l'instrument de Ramsden, par le développement des deux moitiés de la lentille oculaire. M. Brewster a imaginé une troisième combinaison qui permet également de séparer plus ou moins les images d'un objet éloigné; pour cela, il place, entre l'objectif et l'oculaire d'une lunette, un second objectif coupé par le milieu et qui, de plus, est mobile le long du tuyau. Les centres des deux demi-objectifs ne coïncident pas, mais leur écartement est constant pendant les observations. Cela posé, on voit facilement que, si l'on fait mouvoir cet objectif le long de l'axe, le grossissement de la lunette variera très-sensiblement, en sorte que pour apercevoir avec netteté l'objet qu'on observe, il faudra continuellement déplacer l'oculaire; mais il est clair en même temps que les centres des deux images s'éloigneront ou s'approcheront l'un de l'autre, tout comme s'il avait été possible de séparer les deux

demi-lentilles dans la direction de leur diamètre commun. Qu'on substitue, en un mot, une lentille double au double prisme de verre ordinaire dont M. Rochon se servait anciennement dans la construction de ses micromètres, et l'on aura le nouvel instrument du docteur Brewster.

Tout le monde sait que, pour mesurer le diamètre d'un objet avec un micromètre ordinaire, on cherche à le comprendre le plus exactement possible entre deux fils, dont l'un est fixe et l'autre mobile, à l'aide d'une vis. M. Brewster propose de laisser les fils à une distance invariable, et d'augmenter, par un moyen optique, la grandeur apparente de l'objet qu'on veut mesurer, jusqu'au moment où il remplit exactement l'espace compris entre les deux fils fixes. Dans le premier cas, la valeur qu'on cherche est exprimée en révolutions de la vis; dans le second, les angles sont mesurés par les changements qu'il faut apporter aux grossissements pour que le diamètre apparent de l'objet qu'on observe soit égal à l'intervalle invariable des fils fixes, et l'on n'a plus à craindre les erreurs considérables que le temps perdu de la vis peut occasionner. La variation graduelle du pouvoir amplifiant peut d'ailleurs s'obtenir, comme l'indique M. Brewster, en plaçant entre l'objectif de la lunette et son foyer une lentille qui soit mobile le long du tuyau[1].

Nous ne donnerons aucun détail sur un genre particu-

1. Un instrument entièrement semblable à celui-là avait été employé par Rœmer et La Hire, comme on peut le voir dans le ***Recueil de l'Académie des sciences*** pour 1701. M. Brewster n'avait sûrement pas connaissance de ces Mémoires, car il propose, dans un autre chapitre de son ouvrage, de substituer des fils de verre aux fils métalliques ou d'araignée dont on se sert communément dans le micro-

lier de micromètre que M. Brewster croit propre à mesurer des distances pendant la nuit, ni sur le parti qu'on peut tirer du changement de foyer d'une lunette pour résoudre ce même problème, lorsque les distances sont petites, et nous passerons de suite à la partie la plus intéressante de l'ouvrage, je veux dire aux résultats que l'auteur a obtenus sur les pouvoirs refractifs et dispersifs d'un grand nombre de substances.

Le moyen le plus généralement employé pour mesurer la force réfractive d'un corps est de le façonner en prisme, et de déterminer ensuite la déviation que les rayons éprouvent en le traversant. Pour un liquide, on peut, à l'exemple d'Euler, l'introduire entre deux ménisques, et déduire la valeur de son pouvoir réfringent de l'observation de la distance focale de la lentille composée; mais ces deux méthodes, les plus précises que l'on connaisse, sont insuffisantes ou inapplicables, lorsqu'il s'agit de ces corps dont on n'a que de très-petits échantillons, ou qui ne sont que très-imparfaitement diaphanes; dans ces cas, on peut avoir recours à la méthode que le docteur Wollaston a publiée dans les *Transactions philosophiques* pour 1802, car elle s'applique également bien aux substances opaques ou transparentes, quelque petits que soient les fragments dont on peut disposer. Voici maintenant le procédé du docteur Brewster :

mètre, et cela sans citer La Hire, qui avait eu la même idée il y a plus de cent ans, et qui, de plus, avait décrit avec détail les moyens ingénieux dont on se sert pour obtenir ces filaments. Ce même astronome paraît aussi s'être occupé le premier des micromètres qu'on peut tracer sur verre avec la pointe d'un diamant. (Voyez *Mémoires de l'Académie*, 1701, page 119 et suivantes.)

Si l'on pose une lame plane de verre devant la lentille objective d'un microscope, on forme une petite chambre plano-concave, terminée d'un côté par la surface convexe de la lentille, et de l'autre par celle du verre plan, et qui, étant remplie d'air, n'altérera pas la distance focale de l'instrument; mais lorsqu'on introduit dans ce même espace un liquide quelconque, de l'eau, par exemple, c'est comme si l'on ajoutait à la composition primitive du microscope une nouvelle lentille d'eau plano-concave dont l'effet sera d'augmenter sensiblement la divergence sous laquelle les rayons qui partent d'un point déterminé auraient rencontré la lentille objective. Il résulte de là que, si ce point se voyait d'abord distinctement, il faudrait, pour lui conserver ensuite la même netteté, l'éloigner davantage de l'objectif, et compenser par là le surcroît de divergence qu'occasionne l'interposition de la lentille d'eau. Il est clair encore que cette divergence sera d'autant plus grande que la force réfringente de cette nouvelle lentille sera elle-même plus considérable; en sorte qu'on pourra prendre pour mesures de cette force les distances diverses auxquelles il faudra placer l'objet pour la vision distincte. On en déduira ensuite le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction par des formules assez simples.

Lorsque la substance dont on veut mesurer ainsi la réfraction est molle et peu diaphane, on presse le verre plan contre l'objectif du microscope à l'aide d'une vis, et par là on réduit la couche interposée à un degré de ténuité très-grand.

M. Brewster a obtenu ainsi des lentilles plano-concaves

parfaitement transparentes d'aloës, de poix, d'opium, de caoutchouc, etc.

En appliquant cette méthode microscopique à l'examen des qualités réfractives des diverses parties dont l'œil se compose, M. Brewster a trouvé que l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée ont exactement la même réfraction, et qu'elle est un peu plus considérable que celle de l'eau pure.

Quant au fluide blanchâtre qui est compris entre le cristallin et sa capsule, il réfracte sensiblement plus que les précédents.

Dans ces expériences, comme dans celles que d'autres physiciens avaient déjà faites sur des animaux d'espèces différentes[1], on a trouvé que la densité du cristallin augmente très rapidement en allant de la surface au centre, en sorte que cette augmentation, qui doit contribuer si puissamment à la netteté de la vision, peut être regardée comme une loi générale de l'organisation animale.

Hauksbée avait déjà déterminé anciennement les pouvoirs réfringents d'un grand nombre d'huiles essentielles et volatiles; M. Brewster a beaucoup augmenté cette liste et a découvert plusieurs résultats intéressants. La grande force réfractive de l'huile de cassia, par exemple, pourra trouver d'utiles applications dans plusieurs recherches d'optique, car ce liquide réfracte la lumière plus fortement que le flint-glass le plus lourd dont les opticiens se soient servis jusqu'à présent dans la construction des lunettes astronomiques.

1. Les fluides dont M. Brewster a mesuré la réfraction avaient été extraits des yeux d'une jeune merluche et d'un agneau.

Le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction, pour un rayon qui passerait de l'air dans le phosphore, est, suivant M. Brewster, 2.234, par où l'on voit que la réfraction de ce combustible est comprise entre la réfraction du diamant et celle du soufre. M. Wollaston avait trouvé un nombre beaucoup plus petit, mais cette différence a tenu probablement à la présence d'une légère couche d'acide phosphorique, et l'on aurait tort d'en rien conclure contre l'exactitude des principes sur lesquels sa méthode se fonde.

Le chromate de plomb (plomb rouge de Sibérie), jouit d'une double réfraction environ trois fois plus considérable que celle du spath calcaire; et, ce qui mérite d'être remarqué, chacune de ces réfractions est plus grande que celle du diamant.

Le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction, pour le réalgar est 2.549; ce même rapport, pour le diamant, n'atteint pas 2.50; d'où il résulte que le chromate de plomb et le réalgar sont, parmi tous les corps diaphanes connus, ceux qui réfractent le plus fortement la lumière.

Le chapitre III, du quatrième livre, est consacré à l'examen des pouvoirs dispersifs. Pour les déterminer, M. Brewster se sert d'un prisme à *angle variable*, qui ne nous paraît pas différer bien essentiellement de l'ingénieux instrument que M. Rochon présenta à l'Académie des sciences en 1776, et qu'il a décrit depuis, sous le nom de *diasporamètre*, dans le *Recueil de Mémoires sur la mécanique et la physique*, imprimé en 1783. Dans les deux méthodes on fait varier l'angle du

prisme qu'on oppose à celui dont on veut mesurer la dispersion, en faisant tourner ce premier prisme parallèlement au plan qui partage son angle en deux parties égales, ou, ce qui revient au même, parallèlement à une de ses faces.

Il y a cependant entre les deux instruments cette différence essentielle que celui de M. Brewster ne détruisant les couleurs que dans un seul sens, il faut toujours viser à un objet rectiligne, tandis que la forme de la mire est indifférente lorsqu'on se sert du prisme variable de M. Rochon, qui fait disparaître les couleurs dans toutes les directions. On pourra donc, lorsqu'on le jugera convenable, diriger la lunette du diasporamètre au Soleil et à la Lune, par exemple, et observer par suite très-exactement l'instant de l'achromatisme, car les couleurs sont d'autant plus apparentes dans une position donnée des prismes que la lumière est plus vive.

Le chromate de plomb et le réalgar, qui réfractent si fortement la lumière, occupent encore la première place dans la table des pouvoirs dispersifs. Pour le premier de ces minéraux, M. Brewster a trouvé que la dispersion est égale aux six dixièmes de la réfraction, ce qui paraîtra énorme si l'on compare cette dispersion à celle du crown-glass, qui, déterminée par Newton et plusieurs autres physiciens, n'est pas même égale aux trois centièmes de la réfraction.

La dispersion de l'huile de cassia n'est surpassée que par celle du chromate de plomb et du réalgar ; et comme les échantillons de ces corps sont rares et très-peu diaphanes, on pourrait dire, à la rigueur, que l'huile de

cassia est la plus dispersive de toutes les substances dont on peut tirer quelque parti en optique.

Nous avons annoncé plus haut que l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée ont la même réfraction : leurs pouvoirs dispersifs paraissent aussi être parfaitement égaux entre eux et à celui de l'eau distillée, en sorte que ces deux liquides ont exactement les mêmes qualités optiques.

Dans la table de M. Brewster, comme dans celle que Wollaston avait publiée en 1802, dans les *Transactions*, les corps composés d'acide fluorique occupent la dernière place ; la dispersion du spath fluor ne dépasse pas, suivant ces déterminations, le centième de la réfraction.

M. Brewster a trouvé par sa méthode deux expressions très-différentes de la force dispersive du spath calcaire, du carbonate de plomb, etc., dont les unes correspondent à la réfraction ordinaire, et les autres à la réfraction extraordinaire ; il en conclut que les corps doués de la double réfraction ont aussi deux pouvoirs de dispersion ; l'auteur regarde ce résultat comme le plus intéressant et le plus singulier qu'on puisse déduire de ses expériences[1].

1. M. Brewster avait été prévenu par M. Rochon dans la découverte de la double dispersion des cristaux (voyez le recueil de Mémoires que nous avons cité plus haut, année 1783, p. 316). Cette double dispersion est même la principale difficulté qu'on ait rencontrée lorsque, pour mesurer le diamètre du Soleil, on a voulu substituer des prismes de cristal d'Islande aux prismes de cristal de roche dont on se sert avec tant de succès dans la mesure des petits angles. Obligé de renoncer à l'emploi du carbonate de chaux à cause des couleurs qu'on ne pouvait détruire, M. Rochon a imaginé divers moyens d'augmenter la séparation des images avec le cristal de roche, mais sans pouvoir, même dans ce cas, anéantir entièrement l'effet de la double dispersion.

Le chapitre IV, du quatrième livre, dont il nous reste encore à parler, est uniquement consacré aux phénomènes de la polarisation de la lumière. M. Brewster annonce d'abord qu'un faisceau lumineux se polarise entièrement en traversant une agate taillée perpendiculairement aux lames dont elle se compose. On pourrait ajouter que le genre de la polarisation est directement contraire à celui que les rayons auraient acquis en se réfléchissant sur les lames, en sorte que, dans cette expérience, l'agate agit exactement comme une pile de plaques.

Un rayon polarisé qui rencontre une agate la traverse en partie, ou est entièrement réfléchi, comme le dit M. Brewster, suivant que les lames sont perpendiculaires ou parallèles au plan de polarisation. C'est précisément ainsi, comme il est facile de s'en assurer, que se comporterait une pile de plaques dont les éléments seraient parallèles aux lames de l'agate.

En suivant ainsi pas à pas les phénomènes que l'agate présente, on reconnaît bientôt qu'elle n'imprime aucune *nouvelle propriété* à la lumière, et qu'elle doit simplement être assimilée à la pile de plaques dont Malus avait décrit les propriétés au commencement de 1811. (Voir le *Moniteur* du 11 mars; voir aussi la Notice sur la polarisation, t. VII des *Œuvres*, t. IV des *Notices scientifiques*, pag. 321 et 379.)

Lorsqu'on soumet un rayon déjà polarisé à l'action d'un cristal doué de la double réfraction, il se décompose en deux rayons, qui sont polarisés, l'un par rapport à la section principale du cristal, et l'autre par rapport à un

plan perpendiculaire à celui-là, excepté dans le seul cas où le plan primitif de polarisation serait lui-même perpendiculaire ou parallèle à la section principale. On déduit de là un moyen très-simple de reconnaître si un corps est doué de la double réfraction, quelles que soient son épaisseur et sa forme extérieure. Le *Moniteur* du 31 août 1811 a donné un extrait du Mémoire où j'ai traité cette question. (Voir t. VII des *Œuvres*, t. IV des *Notices scientifiques*, p. 382, l'article du *Moniteur*; le Mémoire lui-même est inséré t. X des *Œuvres*, t. Ier des Mémoires, p. 36 à 74.)

Lorsqu'un corps est composé de molécules dont les axes ne sont pas parallèles, il semble dépolariser la lumière dans tous les sens; c'est là le cas de la corne, de l'ivoire (voyez le Mémoire de Malus, *Moniteur* du 4 septembre 1811), du savon transparent, et même de certains fragments de verre ordinaire, comme j'ai eu occasion de m'en convaincre[1].

Quelques corps enfin, tels que le diamant, le sel gemme, l'ambre, le spath fluor, etc., ne paraissent exercer aucune action particulière sur la lumière polarisée qui les traverse; ceci ne tient pas, comme le docteur Brewster paraît le croire, au sens des coupes, mais à la seule circonstance que ces corps ne jouissent pas de la double réfraction.

Les expériences que l'auteur rapporte, relativement à la dépolarisation colorée de la lumière par le mica, ne

1. Le verre qui a été refoulé, quelle que soit sa nature, a presque toujours des axes, et semble, par conséquent, devoir être assimilé aux corps cristallisés.

diffèrent pas de celles qui avaient été faites en France plus de deux ans auparavant, et imprimées par extrait dans le *Moniteur* du 31 août 1811.

La lumière que les métaux réfléchissent est partiellement polarisée; mais lorsqu'on examine cette lumière avec un cristal doué de la double réfraction, la différence d'intensité des deux images est tellement faible qu'elle avait échappé aux premières expériences de Malus. Ce même physicien avait prouvé ensuite que les métaux dépolarisent les rayons dans les mêmes circonstances que les corps diaphanes, et il avait cru pouvoir en conclure qu'ils agissent aussi de même sur les rayons naturels. On a, depuis, montré la vérité de cette conjecture en interposant une lame de mica, de sulfate de chaux, etc., entre le miroir de métal et le cristal de spath calcaire dont on se sert pour analyser la lumière réfléchie. Avant l'interposition de la lame, l'existence d'un certain nombre de rayons polarisés se serait manifestée par une inégalité difficile à apercevoir entre la vivacité des deux images; la présence de la lame transforme cette différence d'intensité en une différence de teinte d'autant plus aisée à reconnaître que les couleurs des deux images sont complémentaires, et par conséquent très-différentes l'une de l'autre. Tels sont les deux moyens dont on s'était servi en France pour reconnaître d'abord que les miroirs métalliques et les miroirs diaphanes exercent des actions analogues sur la lumière déjà polarisée; et ensuite, ce qui pourrait ne pas être regardé comme une conséquence immédiate du premier résultat, que la lumière naturelle est elle-même partiellement polarisée après sa réflexion

sur un miroir de métal[1]. Ce dernier procédé est celui que M. Brewster rapporte dans son ouvrage[2].

Le même moyen, appliqué à l'analyse de la lumière que l'atmosphère réfléchit, prouve qu'elle est partiellement polarisée. (Voir mon Mémoire de 1811, t. Ier des *Mémoires*, p. 37 à 40.) M. Brewster paraît penser que ce résultat, auquel il est arrivé de la même manière, peut servir à démontrer la fausseté de l'opinion avancée par Eberhard et Euler, que notre atmosphère a une couleur propre; mais ne faudrait-il pas pour cela que les rayons qui forment le bleu du ciel fussent entièrement polarisés? A plus forte raison ne peut-on en rien conclure contre l'explication plus ancienne et d'ailleurs si vague de Otto de Guericke, Wolf, Musschenbroeck, etc.[3].

1. Voyez, dans le *Nouveau Bulletin des Sciences*, vol. II, p. 320, le Mémoire ou Malus a donné ses expériences sur la dépolarisation des rayons par les miroirs opaques ou diaphanes; et, dans mon Mémoire de 1811 (t. I des *Mémoires*, t. X des *Œuvres*, p. 53) les remarques que j'avais eu l'occasion de faire sur la polarisation partielle qu'éprouve la lumière naturelle en se réfléchissant sur un métal.

2. Pour compléter ce qui a rapport aux métaux, il faudrait assigner l'angle de la polarisation pour chacun d'eux, et déterminer la proportion de lumière polarisée qui est contenue, sous toutes les incidences, dans le faisceau réfléchi.

3. La méthode dont je me suis servi pour déterminer la quantité de rayons qui sont contenus, sous toutes les incidences possibles, dans les faisceaux réfléchis par les miroirs métalliques, m'a aussi fait connaître avec exactitude l'angle de la polarisation sur l'air et la loi suivant laquelle varie le rapport de la lumière polarisée à la lumière totale, à mesure que les points qu'on observe sont plus ou moins éloignés du Soleil. (Voir la Notice sur la polarisation, t. VII des *Œuvres*, t. IV des *Notices scientifiques*, p. 309, 377, 394, 430; voir aussi t. I des *Mémoires*, p. 526 à 543 et 548 à 560.)

A peine les expériences de Malus eurent-elles fait connaître que les rayons réfléchis ont des propriétés différentes de celles des rayons directs, qu'on songea à analyser la lumière de la Lune avec un cristal doué de la double refraction, afin de soumettre à une épreuve décisive l'idée adoptée par quelques observateurs, que les parties obscures de cet astre sont des mers. A vrai dire, cette expérience était presque inutile, car les astronomes, qui dans ces derniers temps s'étaient beaucoup occupés de la mesure des diamètres des astres avec la lunette à cristal de roche de M. Rochon, n'auraient pas manqué d'apercevoir un phénomène aussi frappant que la disparition totale de quelques taches sur une des images de la Lune, lorsque d'ailleurs, par opposition, les mêmes points auraient eu au contraire, dans l'autre image, une intensité double de celle des parties circonvoisines. Quoi qu'il en soit, en répétant fréquemment ces épreuves pour toutes les positions de la Lune, et avec des lunettes qui permettaient de distinguer les plus petites parties de cet astre, on n'a jamais aperçu, je ne dirai pas de polarisation complète, mais pas même de polarisation partielle assez sensible pour qu'elle pût se reconnaître facilement par la différence d'intensité ; mais en posant une lame convenable de mica, de sulfate de chaux ou de cristal de roche devant l'objectif de la lunette prismatique, on voit les deux images de la Lune se teindre, dans toute leur étendue, de couleurs complémentaires très-pâles, et qui sont cependant plus visibles dans les parties obscures, telles que *Mare crisium*, *Mare serenitatis*, etc., que dans les taches brillantes de *Manilius, Aristarque,* etc. Je n'ai pas

besoin de dire que c'est seulement dans le voisinage de la quadrature que l'expérience réussit, et que le jour de l'opposition, par exemple, les deux images de la Lune seraient blanches et auraient exactement la même intensité. Je suis entré dans quelques détails sur cette question, dont M. Brewster annonce vouloir s'occuper, afin de montrer, par un exemple très-simple, le parti qu'on pourra tirer des nouvelles propriétés de la lumière dans plusieurs recherches d'astronomie physique.

M. Brewster a consacré un paragraphe entier du livre qui nous occupe à la description des couleurs qui prennent naissance dans les fissures de certains cristaux de carbonate de chaux ; ces phénomènes, qui avaient été déjà examinés anciennement par Benjamin Martin et M. Brougham, ont été rattachés depuis par Malus aux lois ordinaires de la double réfraction. (Voy. le *Traité de la double réfraction.*)

Nous regrettons que la trop grande étendue de cet article nous prive du plaisir que nous aurions eu à rendre compte du cinquième livre, où l'auteur a réuni les expériences intéressantes qu'il a faites sur les réfractions très-inégales que les rayons d'une même teinte éprouvent en traversant des milieux de nature différente. Les opticiens trouveront dans ce livre, le dernier de l'ouvrage, des observations curieuses, dont ils pourront tirer parti dans une foule de circonstances, sur les combinaisons qui, dans la construction des instruments d'optique, doivent conduire à l'achromatisme le plus parfait possible.

SUR L'IRRADIATION [1]

Quelques astronomes ont cru remarquer que les objets lumineux qui se projettent sur un fond obscur paraissent plus grands qu'ils ne le sont réellement et que, réciproquement, un corps opaque paraît plus petit qu'il ne l'est en effet lorsqu'il se projette sur un fond lumineux. Cette différence, quelle qu'en soit la cause, entre la grandeur apparente d'un objet et sa grandeur réelle, est ce qu'on est convenu d'appeler irradiation.

Pour expliquer l'augmentation apparente des dimensions d'un corps lumineux, on suppose que les rayons qui, en partant de ses bords, vont se peindre sur la rétine, communiquent un petit ébranlement aux points de cet organe qui avoisinent ceux que les rayons ont immédiatement frappés, en sorte que le diamètre doit toujours s'étendre vers la partie de la rétine qui ne reçoit pas de lumière. Mais en supposant cette explication vraie, ne semblerait-il pas que les planètes, au lieu de se présenter sous la forme de disques bien terminés, devraient, près de leurs bords, offrir une dégradation de lumière que les observations n'y font pas apercevoir. Si le point de la rétine que rencontre le rayon lumineux peut transmettre la sensation au point voisin, ce second point

1. Note inédite écrite en 1813.

ne doit-il pas à son tour communiquer cette même sensation, un peu affaiblie, à un troisième point qui de même le transmettra à un quatrième, et ainsi de suite?

Lorsqu'on regarde à l'œil nu le disque lunaire, on aperçoit que la partie qui est immédiatement éclairée par le Soleil déborde celle qui ne reçoit que les rayons réfléchis par la Terre. Cette observation, qui est très-ancienne, a peut-être donné la première idée de l'irradiation. Mais ne serait-il pas possible de l'expliquer sans admettre que, lorsque la vision est distincte, les objets, toutes choses d'ailleurs égales, sont d'autant plus grands qu'ils sont plus lumineux?

A l'œil nu, la partie entièrement éclairée de la Lune semble appartenir à un cercle plus grand que le segment qui ne reçoit que la lumière cendrée.

Si l'on regarde cet astre avec une lunette de nuit non achromatique, la différence dont nous venons de parler paraîtra plus grande encore qu'à l'œil nu ; mais alors on apercevra des couleurs très-sensibles sur le bord éclairé, tandis que l'autre bord se verra tout aussi distinctement que si la lunette dont on se sert était entièrement achromatique. En enfonçant ou retirant l'oculaire, les couleurs changeront de nature sur le bord éclairé, tandis que l'autre portion du disque se verra toujours de la même manière. Une partie de ces effets n'aurait-elle pas lieu dans la vision à l'œil nu, et ne serait-ce pas *au non-achromatisme de l'œil et à l'indistinction des images* qu'il faudrait attribuer le débordement apparent de lumière qu'on aperçoit autour du segment du disque lunaire qui nous réfléchit les rayons directs du Soleil?

SUR

UNE CHAMBRE OBSCURE ET UN MICROSCOPE PÉRISCOPIQUES[1]

L'effet d'une lentille ordinaire est, comme tout le monde le sait, de faire converger un faisceau quelconque de rayons parallèles vers un point qu'on nomme le *foyer*, et dont la position dépend à la fois de la force réfringente du verre, et de la courbure plus ou moins considérable de ses surfaces; mais il faut remarquer que cette réunion en un point unique se fait avec d'autant plus d'exactitude que la lentille a moins d'ouverture. L'expérience et le calcul montrent, en effet, que les rayons qui tombent près des bords d'une lentille formée de deux segments sphériques se réunissent plus tôt que ceux qui avoisinent son axe, en sorte qu'avec une ouverture un peu considérable l'image d'un objet qu'on recevrait sur une surface plane ne serait jamais parfaitement distincte, quelle que fût d'ailleurs la position de l'écran. Ce défaut, que les géomètres ont appelé *l'aberration de sphéricité*, n'est pas sensible dans les besicles dont on se sert habituellement, par la raison que la pupille a peu de diamètre et est très-rapprochée du verre, en sorte que les rayons qui, partant

1. Note publiée en 1814 dans le *Bulletin de la Société philomathique*.

d'un point donné, peuvent atteindre le fond de l'œil, n'embrassent sur le verre lenticulaire qu'une étendue fort petite et à très-peu près égale à celle de la pupille. Il résulte de là que la grande ouverture qu'on donne aux verres des lunettes ne contribue point à augmenter l'intensité des images qui se peignent au fond de l'œil, mais qu'elle est utile sous ce rapport qu'elle permet d'apercevoir plusieurs objets, soit à la fois, soit successivement, sans que l'observateur soit obligé de tourner la tête : il est clair seulement qu'alors les points diversement situés se verront par des portions plus ou moins rapprochées des bords de la lentille, et que, puisque ces différentes parties ont des foyers inégaux, on n'apercevra pas avec la même netteté tous les objets qu'on peut embrasser d'un même coup d'œil. Si, par exemple, les rayons qui tombent parallèlement à l'axe du verre se réunissent exactement sur la rétine, ceux qui viendront dans une autre direction se réuniront avant de rencontrer cette membrane; les points d'où les premiers rayons émanent se verront distinctement, tandis que les autres donneront en même temps une peinture d'autant plus diffuse qu'ils formeront un angle plus grand avec l'axe. L'œil peut, il est vrai, à cause de la grande mobilité dont il jouit, adapter successivement sa conformation à la convergence particulière des faisceaux qui passent par les différentes parties de la lentille; mais ceci doit, à la longue, fatiguer considérablement cet organe, et ne corrige pas d'ailleurs le défaut qu'ont les lunettes de ne montrer distinctement qu'un seul objet à la fois.

Le docteur Wollaston avait indiqué, en 1804, une con-

struction qui semble remédier à une partie de ces inconvénients, et qui consiste à substituer un ménisque convexe-concave aux lentilles bi-convexes dont on se sert habituellement. Si la surface convexe du ménisque est du côté de l'objet, ses différentes parties se présenteront presque perpendiculairement aux divers points qui peuvent envoyer des rayons dans l'œil, et l'aberration de sphéricité sera, sinon entièrement détruite, du moins considérablement atténuée. Tels sont les principes de ce genre particulier de lunettes que le docteur Wollaston a appelées *périscopiques*[1], parce qu'elles peuvent servir à voir distinctement dans tous les sens. Le même physicien propose aujourd'hui, dans le Mémoire qui fait l'objet de cette Note, d'apporter des modifications analogues aux chambres noires et aux microscopes.

Si l'on suppose que, dans une chambre noire ordinaire formée avec une lentille bi-convexe, l'écran parallèle à la lentille, sur lequel des images éloignées viennent se peindre, soit placé à une distance telle que les points qui avoisinent l'axe se voient distinctement, les objets latéraux seront diffus, et dans un degré d'autant plus grand qu'ils seront plus loin du centre du tableau. Cette diffusion provient de deux causes, savoir : en premier lieu, et comme nous l'avons remarqué plus haut, de ce que les

1. Il paraît que les opticiens s'étaient déjà servis, très-anciennement, de ce genre de verres, auxquels ils ont substitué depuis des lentilles bi-convexes, parce que les ménisques sont plus difficiles à travailler. Quoi qu'il en soit, au demeurant, de la date de cette invention, il restera toujours au docteur Wollaston le mérite d'avoir indiqué le premier les raisons qui doivent faire préférer les ménisques aux lentilles ordinaires.

rayons qui traversent obliquement la lentille se réunissent plus près de sa surface que ceux qui la rencontrent perpendiculairement ; et, en second lieu, de ce que les points de l'écran sont d'autant plus éloignés du centre de la lentille qu'ils s'écartent davantage de celui auquel l'axe aboutit. Or, on peut corriger en grande partie ces défauts, soit en donnant une courbure convenable à l'écran, soit, comme le docteur Wollaston le propose, en substituant à la lentille un ménisque dont la concavité serait tournée du côté de l'objet, et la convexité du côté de l'image. Il est facile de voir en effet que, dans un verre de cette forme, les pinceaux obliques se réuniront plus loin que ceux qui tombent parallèlement à l'axe, et que, par là, si l'on adopte des courbures convenables, on pourra compenser la plus grande distance à laquelle sont placés les points de l'écran sur lesquels les pinceaux obliques vont se peindre.

Le docteur Wollaston dit s'être assuré par expérience que cette nouvelle construction a sur l'ancienne des avantages marqués. Le ménisque dont il se servait avait $0^{m}.56$ de foyer, son ouverture était de $0^{m}.08$, et les courbures de ses surfaces étaient dans le rapport de 1 à 2 environ. Il avait placé à un huitième de la distance focale de la lentille, et du côté concave, un diaphragme circulaire de $0^{m}.05$ de diamètre destiné à marquer la quantité et la direction des rayons que le ménisque devait transmettre.

Nous allons terminer cet extrait par la traduction du paragraphe du Mémoire du docteur Wollaston qui est relatif au microscope périscopique.

« Le plus grand défaut des microscopes auxquels on applique de forts grossissements est le manque de lumière ; il est, par conséquent, utile de donner à la petite lentille toute l'ouverture qui est compatible avec la netteté de la vision. Mais si l'objet qu'on observe sous-tend un angle de plusieurs degrés de chaque côté du centre, on ne pourra pas obtenir la distinction nécessaire pour toute la surface, à cause de la confusion occasionnée par les grandes incidences des rayons latéraux, à moins qu'on ne se serve d'une petite ouverture, et ceci diminue proportionnellement la clarté.

« Pour remédier à ces inconvénients, je pensai que le diaphragme qui limite l'ouverture de la lentille pouvait être placé avec avantage à son centre. Pour cela je me procurai deux lentilles planes-convexes de même rayon, et, en appliquant leurs surfaces planes sur les deux côtés opposés d'une lame mince de métal, dans laquelle on avait pratiqué une petite ouverture, je me procurai l'effet désiré, puisque j'avais ainsi une lentille double convexe dont les surfaces étaient rencontrées perpendiculairement tout aussi bien par le pinceau du centre que par les pinceaux obliques. L'ouverture qui donne le plus de netteté avec une lentille de ce genre doit avoir pour diamètre le cinquième environ de la distance focale ; et si l'ouverture est bien centrée, le champ de la vision occupe un espace de vingt degrés en diamètre. Il est vrai que l'on perd une portion de lumière en doublant le nombre des surfaces, mais ceci est plus que compensé par l'augmentation d'ouverture qui, dans cette construction, est compatible avec la netteté de la vision. »

MESURES

DU DIAMÈTRE DE MERCURE

L'*Histoire céleste* de Lemonnier (p. 34) donne les mesures suivantes de Mercure faites par Picard :

1er mai 1666 au soir, diamètre 6″,
5 avril 1668 au soir, diamètre 6″ (lunette de 15 pieds) ;
8 avril 1668, diamètre 7″.5 (lunette de 7 pieds) ;
9 avril 1668, diamètre 9″.

Dans le passage de Mercure sur le Soleil le 29 octobre 1723, Bradley trouva le diamètre de la planète égal à 10″ 45‴. Bradley se servait de la lunette d'Huygens de 120 pieds. (*Transactions philosophiques* pour 1724, t. XXXIII, p. 229.)

Schrœter a trouvé, par plusieurs mesures directes et par les durées d'immersion et d'émersion observées, que le diamètre de Mercure à la moyenne distance de la Terre au Soleil est égal à 6″.02.

Les valeurs suivantes ont été obtenues par les mesures faites pendant le passage de 1832 ; elles sont ramenées à la moyenne distance de la Terre au Soleil :

Bessel.............	6″.70
Mædler et Beer	5″.82
Gambart...........	5″.18

Mes registres donnent, pour l'observation du passage de Mercure du 5 mai 182 , les résultats suivants.

La distance la plus courte du premier bord de la planète (bord oriental apparent, bord occidental réel) au bord du Soleil le plus voisin a été successivement trouvée :

Temps de la pendule.	Parties de l'échelle de la lunette prismatique.	Distances exprimées en secondes.
$0^h 16^m$ 7^s	729	48″.84
17 42	804	55 .38
18 35	869	58 .85
20 20	928	64 .93
21 12	971	68 .24
25 54	1,128	80 .33

Ces observations ont été faites presque toutes à travers les nuages ; elles n'ont donc pas la certitude que la méthode eut comportée sans cela. Le verre s'était calciné et nuisait par cette raison à la netteté des images.

J'ai pris ensuite des mesures du diamètre horizontal :

Temps de la pendule.	Parties de l'échelle de la lunette prismatique.	Diamètre horizontal de Mercure exprimé en secondes.	Remarques.
$0^h 30^m$	243	12″.18	Nuages.
0 32	246	12 .42	Mercure est ondulant.
0 40	248	12 .57	Mercure est ondulant.
4 0	255	13 .11	Ce nombre est trop grand.
4 1	248	12 .57	
4 55	246	12 .42	
4 57	235	11 .57	Ce nombre est sensiblement trop petit ; Mercure est ondulant.
4 59	246	12 .42	

Pour toutes ces observations, l'échelle était à droite.

Des mesures du diamètre vertical ont donné :

Temps de la pendule.	Parties de l'échelle de la lunette prismatique.	Diamètre vertical de Mercure exprimé en secondes	Remarques.
$5^h 45^m$	242	12″.11	Nombre légèrement trop petit ; Mercure est ondulant.
6 8	246	12 .42	Mercure est très-ondulant.
6 9	246	12 .42	*Idem.*
6 10	234	11 .49	Nombre évidemment trop petit.
6 13	245	12 .34	Mercure est ondulant.
6 14	255	13 .11	Nombre sensiblement trop grand.
6 15	244.5	12 .30	Mercure est ondulant.
"	248	12 .57	*Idem.*
6 20	246.5	12 .43	

Pendant toutes ces observations, l'échelle était en haut un peu à droite.

Deux nouvelles mesures du diamètre horizontal ont donné :

$6^h 17^m$	248	12″.57	Mercure est ondulant.
"	246.5	12 .43	*Idem.*

L'échelle était à droite.

La plus courte distance du bord occidental de Mercure (bord oriental apparent) au bord oriental du Soleil a ensuite été trouvée :

Temps de la pendule.	Parties de l'échelle de la lunette prismatique.	Distances exprimées en secondes.
$6^h 32^m 9^s$	850	58″.92
33 30	783	53 .76
34 54	724	49 .22
36 11	676	45 .53

L'échelle était à droite un peu en dessous. La planète et le Soleil étaient très-ondulants au travers des nuages ; sans cette circonstance on aurait pu certainement faire les observations avec beaucoup plus de précision.

La pendule employée dans toutes ces observations était en retard de 3s sur le temps sidéral.

Les mesures faites à l'Observatoire de Paris pendant le passage du 9 novembre 1848 ont donné les résultats suivants, rapportés tels qu'ils ont été obtenus sans aucune réduction :

Midi 45m, diamètre horizontal = 219p.12 — 84.75 = 134p.37 = 10″.24.

1 heure, diamètre vertical = 216p.75 — 84.75 = 132p.00 = 10″.16

1h 15m., diamètre à 45° du vertical à l'est = 216p.40 — 84.75 = 131p.65 = 10″.14

1h 30m, diamètre perpendiculaire au précédent = 215p.67 — 84.75 = 130p.92 = 10″.08.

MESURES

DU DIAMÈTRE DE VÉNUS

D'après l'*Histoire céleste* de Lemonnier (p. 30 et suiv.) les observations du diamètre de Vénus par Picard sont les suivantes :

1666. 28 octobre, 25″; 16 et 17 novembre, 28″; 28 novembre, 31″; 6 décembre, 35″; 14 novembre, 36″; 22 novembre, 39″; le 30, 46″.

1667. 13 janvier. 52″; le 24, 68″; le 31, 8 jours avant la conjonction, 74″; le 29 mars au matin, 44″; le 8 avril, 34″; le 10, 33″; le 18, dans sa digression occidentale, 31″; le 30 novembre, 14″.

1668. Le 7 juin, 27″; le 19, 29″ (elle paraissait déjà en croissant); le 26, 31″; le 30, 31″; le 17 juillet, 34″; le 26, 39″; le 10 août, 50″; le 20 novembre 32″.

1669. Le 4 avril, 52″; le 11, 63″.

1670. Le 17 avril, 68″.

1673. Le 13 avril, 26″; le 9 juin, 51″.5; le 15, 56″; le 19, 61″.

Dans les mémoires de l'Académie des sciences pour 1762, Lalande rapporte des observations qui prouvent que le diamètre apparent de Vénus ne diminue pas sensiblement lors même qu'il est vu sur le Soleil. Le diamètre de la planète calculé par Lalande pour la distance moyenne de la Terre au Soleil est de 16″.5.

D'après les *Transactions philosophiques* pour 1793,

les observations faites par Herschel donnent les résultats suivants :

1780. 21 février, 15″.9; 2 mai, 17″.2 ; 28 mai, 22″.8 (grossissement de 449 fois) ; 18 septembre, 38″.4 ; 10 octobre, 41″.3.

1791. 24 novembre, télescope de 20 pieds :

Grossissement 157, $12^h\ 18^m$... 45″.49 ; 46″.14 ; 45″.51 ; 45″.8 ; 46″.03 ; 46″.25 ; moyenne, 45″.87.

Grossissement 300, $12^h\ 36^m$... 44″.88 ; 45″.70 ; 45″.10 ; 45″.32 ; 45″.84 ; moyenne, 45″.37.

Ces mesures réduites à la distance moyenne de la Terre au Soleil donnent, suivant Herschel, un diamètre de 18″.79.

Voici le relevé des mesures que j'ai faites à l'Observatoire de Paris, telles qu'elles se trouvent dans mes registres.

Année 1810.

13 novembre. Peu de temps avant le coucher de Vénus j'ai mesuré avec la lunette prismatique la distance des cornes, et j'ai trouvé successivement 568, 561, 555, 543, 550, 553, 545, 540, moyenne = 551.88 — 84.75 = 467p.13 = 35″.97. Comme Vénus est très-basse, ses fortes ondulations rendent les observations très-difficiles.

16 novembre. $5^h\ 15^m$ à $5^h\ 45^m$. Distance des cornes, 567.25 — 84.75 = 482p.50 = 37″.93 ; les ondulations deviennent si excessivement fortes qu'il n'est plus possible de continuer les observations.

23 novembre. $5^h\ 30^m$. Distance des cornes, 634.50 — 84.75 = 549p.75 = 42″.33.

1er décembre. $4^h\ 20^m$. Distance des cornes, 507.50 — 84.75 — 622p.75 = 47″.95.

11 décembre. 811.50 — 84.75 = 726p.75 = 55″.96. Les ondulations sont très-fortes. Vénus est basse, et ses bords sont baveux.

Année 1812.

20 janvier. $5^h\ 15^m$. 218.62 — 84.75 = $133^p.87$ = 10″.31. Vénus est si mal terminée qu'on aperçoit à peine qu'elle est en croissant. J'ai cherché à mesurer celui des diamètres de la planète qui me semblait le plus grand.

22 mars. $6^h\ 45^m$. 253.25 — 84.75 = $168^p.50$ = 12″.97. Il y a de fortes ondulations, et Vénus n'est pas bien terminée.

26 mars. $7^h\ 15^m$. 262.17 — 84.75 = $171^p.42$ = 13″.65. Vénus est très-ondulante.

17 mai. 8^h. Distance des cornes, 373.08 — 84.75 = $288^p.33$ = 22″.20. Vénus, quoique un peu ondulante, est assez bien terminée; elle me semble à moitié pleine.

22 mai. 9^h. Distance des cornes, 396.12 — 84.75 = $311^p.37$ = 23″.98. Les bords de la planète sont un peu baveux.

26 mai. 8^h à $8^h\ 15^m$. 407.34 — 84.75 = $322^p.59$ = 24″.85. Il est encore grand jour pendant ces observations. Les résultats que j'ai obtenus doivent être assez précis, car, à quelques bavures près, Vénus se voyait fort distinctement.

30 mai. 3^h à 4^h après midi. Distance des cornes, 423.40 — 84.75 = $338^p.65$ = 26″.08. Ces observations ont été faites de jour.

31 mai. $8^h\ 30^m$. Distance des cornes, 427.12 — 84.75 = $342^p.35$ = 26″.36. Vénus est brillante, mais assez mal terminée.

5 juin. $8^h\ 30^m$. 459.17 — 84.75 = $364^p.42$ = 28″.06. Il est encore jour. Vénus est ondulante et mal terminée.

9 juin. $9^h\ 45^m$. Distance des cornes, 474.90 — 84.75 = $390^p.15$ = 30″.04. Vénus est très-ondulante.

11 juin. $8^h\ 15^m$. 482.41 — 84.75 = $397^p.66$ = 30″.77. Le Soleil est couché, mais il est encore grand jour. Vénus est un peu baveuse.

12 juin. $8^h\ 45^m$. 488.57 — 84.75 = $403^p.82$ = 31″.09. Vénus est un peu baveuse. J'ai regardé la lumière cendrée avec la lunette de nuit à $9^h\ 30^m$; elle était très-sensiblement verdâtre.

23 juin. $8^h\ 45^m$. 562.17 — 84.75 = $477^p.42$ = 36″.76. Au commencement des observations, il était encore jour. Vénus est excessivement ondulante.

28 juin. $8^h\ 45^m$. Distance des cornes, 593.70 — 84.75 = $508^p.95$ = 39″.19. Les bords de Vénus sont ondulants et baveux; les observations sont difficiles.

29 juin. 9^h. Distance des cornes, 597.25 — 84.75 = $512^p.50$ = 39″.46. Vénus est basse et assez ondulante, ce qui rend les obser-

vations fort difficiles, surtout pour la détermination des limites.

7 juillet. $8^h\ 30^m$. Distance des cornes, 674.17 — 84.75 = 589p.42 = 45″.38. Le ciel est très-vaporeux; il y a de fortes ondulations sur les bords de la planète. Il est très-difficile de pointer exactement dans ces circonstances, parce que, par l'effet des ondulations, les bords de la planète, pour une position déterminée du prisme, sont quelquefois bien séparés, tandis qu'un moment après ils se mordent très-sensiblement.

10 juillet. $8^h\ 45^m$. Distance des cornes, 696.00 — 84.75 = 611p.25 = 46″.07. Vénus est très-basse et mal terminée. Il y a de fortes ondulations. Les observations sont incertaines. La planète est très-colorée dans ses deux bords opposés, à cause de la force dispersive de l'atmosphère; aussi, lorsqu'elle correspond à cette partie du champ où la lunette est bien achromatique, est-elle mal terminée. Dans le bord supérieur apparent du champ, les astres sont en général colorés, ce qui tient à l'obliquité sous laquelle les rayons de lumière rencontrent alors le prisme intérieur. Mais cette cause produisant précisément l'effet contraire de l'atmosphère, il en résulte que Vénus, dans la circonstance actuelle, ne se présente un peu nettement que lorsqu'elle correspond à la partie supérieure du champ. Au centre, Vénus serait colorée par la force dispersive de l'atmosphère. Dans le haut, le défaut de la lunette compense et détruit ces couleurs, comme si deux prismes étaient placés en sens contraires.

8 septembre. 4^h du matin. Distance des cornes, 574.38 — 84.75 = 489p.63 = 37″.70. Il est encore nuit. Les bords de Vénus sont très-tremblants, ce qui n'empêche pas que par moments la planète ne soit assez bien terminée. On a employé un fort grossissement.

13 septembre. $10^h\ 30^m$. Distance des cornes, 539.79 — 84.75 = 455p.04 = 35″.04. Vénus n'est pas bien terminée. Observations faites de jour.

16 septembre. Vers 4^h du matin. Distance des cornes, 526.04 — 84.75 = 441p.29 = 33″.98. Vénus est très-ondulante et mal terminée. Ces deux circonstances ont fait durer les observations très-longtemps. Le chiffre ci-dessus est le résultat moyen de treize observations.

17 octobre. De $4^h\ 30^m$ à 5^h du matin. Diamètre, 375.14 — 84.75 = 290p.39 = 22″.36. Vénus est très-ondulante et baveuse; elle me semble à moitié pleine. Le ciel est extrêmement vaporeux. Vers la fin de la série, la planète était souvent couverte par des brumes assez épaisses. En général, les observations, au nombre de onze, ont été assez difficiles.

21 octobre. Vers $11^h 30^m$ du matin. Diamètre, 366.82 — 84.75 = 284p.07 = 21″.87. La planète est un peu ondulante et baveuse. Observations de jour.

27 octobre. Diamètre, 351.27 — 84.75 = 266p.52 = 20″.52. Les observations, généralement difficiles parce que Vénus n'est pas bien terminée, ont été commencées avant le lever du Soleil et ont été terminées de jour, à $7^h 45^m$.

1er novembre. $7^h 45^m$ du matin. 339.44 — 84.75 = 254p.69 = 19″.61. Le Soleil était déjà levé au commencement de la série. Les observations sont faciles, parce que Vénus est fort bien terminée.

20 novembre. $5^h 45^m$ à $6^h 45^m$ du matin. 297.56 — 84.75 = 212p.81 = 16″.38. Les observations sont très-difficiles. Vénus est baveuse et extrêmement ondulante. Il a fallu plus d'une heure pour prendre neuf mesures.

28 novembre. 287.55 — 84.75 = 202p.80 = 15″.61. Les observations s'achèvent à $7^h 45^m$ alors que le soleil commence à percer à travers les épaisses vapeurs dont l'horizon est chargé. Il y a un léger brouillard à toutes les hauteurs. Vénus est baveuse. On s'est servi du fort grossissement pour faire les observations.

Année 1813.

1er novembre. $5^h 30^m$. 258.00 — 84.75 = 173p.25 = 13″.34. Vénus est tellement ondulante que le plus souvent on ne voit pas si elle est en croissant.

5 novembre. $5^h 30^m$. 275.20 — 84.75 = 190p.45 = 14″.66. Vénus est très-ondulante et assez mal terminée.

27 novembre. 5^h. 312.83 — 84.75 = 228p.08 = 17″.56. Vénus est ondulante et un peu baveuse.

28 novembre. Un peu avant le coucher du Soleil. Diamètre, 317.50 — 84.75 = 232p.75 = 17″.92. La largeur du segment éclairé est, par une moyenne entre trois mesures, de 228 — 84.75 = 143p.25 = 11″.03.

8 décembre. $5^h 30^m$. Diamètre, 337.44 — 88.75 = 252p.69 = 19″.46. Vénus est extrêmement ondulante.

11 décembre. $3^h 40^m$. Diamètre, 349.89 — 84.75 = 265p.14 = 20″.42. Les bords supérieurs et inférieurs de Vénus sont faibles. A 4^h, le Soleil n'étant pas encore couché, je prends la mesure de la largeur du segment éclairé. Par une moyenne entre quatre mesures j'obtiens pour cette largeur 236.75 — 84.75 = 152p.00 = 11″.70. J'éprouve à

observer dans ce sens une difficulté qui ne se rencontre pas dans les mesures du plus grand diamètre : dans ce dernier cas, à peine ai-je dépassé la tangence, que j'aperçois un segment éclairé d'une très-forte intensité, tandis que, si le contact s'établit le long de la ligne de séparation d'ombre et de lumière, il est non-seulement très-difficile de déterminer exactement le point où les bords sont tangents, mais il faut de plus qu'ils se mordent beaucoup pour que le segment éclairé se voie.

Même jour. 6^h. Diamètre, 342.94 — 84.75 = $258^p.19$ = 19″.88. Vénus est baveuse et très-ondulante.

12 décembre. Diamètre, 349.82 — 84.75 = $265^p.07$ = 20″.41. Ces observations ont été faites de jour, au moment du passage de Vénus par le méridien. Les bords de la planète étaient ondulants. Les observations de jour sont généralement difficiles.

15 décembre. 6^h. Diamètre, 359.25 — 84.75 = $274^p.50$ = 21″.14. Après ces observations, pendant lesquelles Vénus se voyait très-bien, la planète est devenue tellement ondulante qu'il n'aurait pas été possible de juger de la tangence des deux disques à la précision de 2″ ou 3″.

28 décembre. $6^h\ 15^m$. Grand diamètre, 401.95 — 84.75 = $317^p.20$ = 24″.42. Vénus est baveuse et ondulante à la fin de cette série qui porte sur onze mesures.

30 décembre. $5^h\ 45^m$. Grand diamètre, 407.58 — 84.75 = $322^p.83$ = 24″.86. Vénus se voit assez bien, quoiqu'il y ait du brouillard.

Année 1814.

1er janvier. $6^h\ 45^m$. Diamètre, 418.89 — 84.75 = $334^p.14$ = 25″.73. Vénus est très-brillante, mais un peu diffuse.

1er février. 6^h. Distance des cornes, 594.00 — 84.75 = $509^p.25$ = 39″.21. Vénus est un peu ondulante.

21 février. 7^h. Distance des cornes, 778.33 — 84.75 = $693^p.58$ = 53″.41. La ligne des cornes est presque horizontale. Vénus commence à baisser. Elle ondule beaucoup, et ceci doit tenir, en partie, à ce que l'air extérieur est plus froid que celui de la tour de l'ouest de l'Observatoire où je prends mes mesures.

22 février. $6^h\ 15^m$. Distance des cornes, 789.25 — 84.75 = $704^p.50$ = 54″.25. La ligne des cornes n'est pas très-loin de la position horizontale. Vénus est ondulante. J'ai cherché à mesurer la largeur du segment éclairé ; mais j'éprouve beaucoup de difficulté

à déterminer le véritable point de tangence. L'une des deux images glisse sous l'autre, comme si elle était effectivement plus éloignée, et la courbe de séparation est accompagnée d'une pénombre très-sensible. Du reste, à 180, les deux images étaient évidemment séparées; la tangence doit avoir lieu près de 153, ce qui donne 153.00 — 84.75 = 68p.75 = 5''.26 pour la largeur du segment.

24 février. 6h 30m. Distance des cornes, 809.10 — 84.75 = 724p.35 = 55''.77. Vénus est ondulante.

25 février. 6h. Distance des cornes, 819.25 — 84.75 = 734p.50 = 56''.56. Les ondulations sont excessives, quoique le ciel paraisse très-beau. La lumière crépusculaire est encore très-forte.

26 février. 5h 45m. Largeur du segment éclairé, 146.33 — 84.75 = 61p.58 = 4''.74. Le Soleil n'est pas encore couché. Les ondulations sont très-fortes; l'image supérieure apparente glisse sous l'autre, comme si elle était plus éloignée.

Même date. 6h. Distance des cornes, 823.25 — 84.75 = 738p.50 = 56''.86. Vénus est ondulante.

28 février. 6h 30m. Diamètre, 848.00 — 84.75 = 763p.25 = 58''.77. Vénus est très-diffuse, et les observations sont très-difficiles.

Année 1815.

6 avril. 7h du soir. Distance des cornes, 216.20 — 84.75 = 131p.45 = 10''.12. Vénus est ondulante et mal terminée. Trois mesures, prises à 7h 15m dans une direction perpendiculaire à la précédente, donnent pour moyenne 212.00 — 84.75 = 127p.25 = 9''.80.

25 mai. 8h 15m. Distance des cornes, 256.17 — 84.75 = 171p.42 = 13''.20. Vénus est ondulante. Trois mesures prises à 8h 45m dans une direction perpendiculaire à la précédente donnent, par une moyenne, pour la largeur du segment éclairé, 210.50 — 84.75 = 125p.75 = 9''.68. Pendant les mesures prises dans le sens de la ligne des cornes, à peine a-t-on dépassé le point de tangence qu'on aperçoit un segment lumineux dont l'intensité est sensiblement plus considérable que le reste des deux disques; mais il n'en est pas de même des mesures qu'on fait perpendiculairement à la ligne des cornes. En effet, lorsqu'on dépasse alors le point de tangence, l'une des images se glisse pour ainsi dire sous l'autre et semble plus éloignée. Dans le premier cas, on suit facilement le contour de chacune des deux images dans la portion où elles sont superposées. Dans le second cas, l'image la plus rapprochée fait relativement à l'autre

l'office d'un écran au travers duquel la courbe qui termine son disque ne s'aperçoit pas.

25 août. $7^h 15^m$. Distance des cornes, $513.88 - 84.75 = 429^p.13 = 33''.04$. Les observations sont difficiles, Vénus étant très-ondulante. La largeur du segment éclairé est environ de $214.00 - 84.75 = 129^p.25 = 9''.95$; dans ce sens, l'une des images glisse sous l'autre, lorsqu'on dépasse le point de tangence, comme si elle était plus éloignée. Pendant ces mesures, la ligne des cornes était presque verticale.

OBSERVATIONS

DE JUPITER ET DE SES SATELLITES

On lit dans les registres de Picard : « Le 13 avril 1673, je commençai à m'apercevoir que le plus grand diamètre de Jupiter est toujours parallèle aux bandes. »

On trouve dans un Mémoire de Cassini sur les diverses périodes du mouvement de Jupiter en 1791 (*Académie des sciences*, t. x, p. 8), que les taches qui avoisinent l'équateur de cette planète tournent plus vite que celles qui en sont plus éloignées.

Pound dit que les satellites de Jupiter, dans leur passage sur la planète, se voient distinctement près des bords, mais qu'ils disparaissent quand ils approchent du centre (*Transactions philos.*, 1717, t. xxx, p. 902).

J.-D. Cassini supposait que le diamètre de Jupiter allait quelquefois jusqu'à 50″ (*Transactions philosophiques*, 1720, t. xxxi, p. 1). L'illustre astronome assigne à la planète une durée de rotation de $9^h\ 56^m$.

Halley apercevait avec son télescope le premier et le deuxième satellite de Jupiter sur le corps de la planète, pendant un quart d'heure, depuis le moment de leur entrée (*Transactions philos.*, 1723, t. xxxii, p. 386).

George Lynn dit s'être assuré (*Transactions philosophiques*, 1726, t. xxxiv, p. 67) qu'on marque à l'œil, et

avec la précision d'une demi-minute de temps, l'époque où le premier et le second satellite sont en conjonction, pourvu qu'on choisisse celles des conjonctions qui ont lieu près de la planète, et le temps où les satellites se rencontrent par des mouvements dirigés en sens contraire. (La lunette de G. Lynn avait 2^{po}.4 d'ouverture, 13 pieds de foyer, et *charge* 2^{po}.5. (Est-ce le foyer de l'oculaire?)

Dans un Mémoire de 1781, Herschel rapporte des déterminations de la durée de la rotation de Jupiter, obtenues, en 1778, à l'aide d'une seule et même tache noire. Elles varient depuis 9^h 55^m 40^s jusqu'à 9^h 54^m 53^s. En 1779, une tache claire, également équatoriale, donna, pour le temps de la rotation de la planète, tantôt 9^h 51^m 45^s et tantôt 9^h 50^m 48^s.

Herschel explique ces grandes différences par les mouvements propres des taches. Il croit à l'existence, dans les régions équinoxiales de la planète, de vents analogues à nos alizés. Le principal effet de ces vents réguliers est, suivant lui, de disposer, de réunir les vapeurs équatoriales en bandes parallèles. Ils entraînent aussi les nuages accidentels (les taches), avec des vitesses variables. Pour concilier la détermination de Cassini, rapportée ci-dessus, avec divers résultats d'Herschel, il faut supposer que certaines taches, certains nuages observés par l'astronome de Slough avaient en 10^h un mouvement propre de près de 3 degrés de l'équateur de Jupiter, c'est-à-dire une vitesse de 96 lieues à l'heure. Ces spéculations intéressantes sur des mondes si éloignés n'avaient pas échappé aux anciens membres de l'Académie des sciences.

Dans un Mémoire de 1793 sur la planète Vénus,

Herschel a formulé ses vues concernant la cause physique des bandes de Jupiter de la manière suivante : « Je suppose que les bandes brillantes et les régions polaires de Jupiter, dont la lumière surpasse celle des bandes faibles ou jaunâtres, sont les zones où l'atmosphère de cette planète est le plus remplie de nuages. Les bandes faibles correspondent aux régions dans lesquelles l'atmosphère, complétement sereine, permet aux rayons solaires d'arriver jusqu'aux portions solides de la planète où, suivant moi, la réflexion est moins forte que sur les nuages. »

Herschel présenta, en 1797, à la Société royale de Londres les résultats des nombreuses observations qu'il avait faites sur les intensités et les grandeurs comparatives des satellites de Jupiter. Il résultait de ces observations que les intensités lumineuses des satellites sont très-variables, que les grandeurs apparentes de ces astres changent aussi beaucoup. Les variations de grandeurs et d'intensité prouvaient évidemment que les satellites sont parsemés de taches plus ou moins réfléchissantes, et qu'ils tournent sur eux-mêmes. En recourant à une opération graphique, en marquant sur les quatre orbites les places où, pendant une longue période, chaque satellite s'était montré à son maximum et à son minimum d'éclat, à son maximum et à son minimum de grandeur, Herschel reconnut que ces phénomènes se reproduisent toujours vers les mêmes régions. De là il résultait que, comme la Lune, les satellites de Jupiter tournent sur eux-mêmes dans un temps égal à celui qu'ils emploient à faire leur révolution autour de la planète.

Le premier satellite est celui qui éprouve ces changements au plus haut degré. Il est au milieu de son maximum d'éclat, quand il atteint le point de l'orbite à peu près au milieu entre la plus grande digression orientale et la conjonction. Pour le troisième satellite, il y a deux maxima d'éclat, et ils s'observent aux deux élongations. Le quatrième ne brille d'une vive lumière qu'un peu avant et un peu après l'apparition. Herschel a trouvé que la teinte du premier satellite est le blanc plus ou moins vif; que le second satellite est tantôt blanc pur, tantôt blanc cendré, tantôt blanc bleuâtre; que le troisième est toujours blanc; que le quatrième paraît quelquefois très-sombre, quelquefois orangé, quelquefois rougeâtre. Selon Herschel, ce sont là des signes d'une atmosphère considérable. L'ordre de grandeur des satellites, suivant Herschel, est le suivant : 3e de beaucoup le plus grand, 4e, 1er, 2e. La durée de l'entrée du second satellite sur le disque de Jupiter donna environ 0″.9 pour le diamètre angulaire de ce petit astre. Le 6 avril 1780, Herschel trouvait que l'ombre du troisième satellite, mesuré au micromètre, avait 1″.56. (*Transactions* de 1784, p. 30.)

Suivant Schrœter, les diamètres apparents des satellites de Jupiter, vus de la terre, la planète étant périgée, sont : 1″.39, 1″.09, 2″.27, 1″.41 ; 1″.405, 1″.15, 2″.04, 1″.42, par les mesures directes; 1″.01, 0″.91, 1″.88, par la mesure des ombres. Le diamètre de la planète dans les mêmes circonstances serait 49″, et l'aplatissement $\frac{1}{12}$. Schrœter prétend aussi avoir observé un aplatissement local dans l'hémisphère de Jupiter. (*Connaissances des temps* pour l'an XV, p. 357.)

On trouvera dans l'*Astronomie populaire* (liv. XXVII, t. IV, p. 323 à 383) des détails complémentaires sur les anciennes observations de Jupiter. Je vais rapporter ici les observations qui me sont personnelles extraites par ordre de date de mes registres, avec les calculs de réduction faits par M. Barral. Je rappellerai que plusieurs des résultats de mes observations ont été communiqués, il y a bien des années, au monde savant. Laplace, dans l'*Exposition du système du monde*, s'exprime ainsi : « Jupiter est sensiblement aplati à ses pôles de rotation, et M. Arago a trouvé, par des mesures très-précises, que son diamètre dans le sens des pôles est à celui de son équateur à fort peu près dans le rapport de 167 à 177. » Le procès-verbal de la séance du Bureau des Longitudes du 8 novembre 1820 contient ces mots : « M. Arago parle de la disparition qu'il a observée des satellites de Jupiter pendant que la planète était restée visible. » Le 10 octobre 1842, j'ai communiqué à l'Académie des sciences diverses expériences que j'avais faites sur les moyens d'observer les satellites, et je me suis exprimé en ces termes :

« Quand on regarde Jupiter à l'œil nu, cette planète semble formée d'un point central fort lumineux d'où partent dans tous les sens des rayons divergents. Ces rayons sont plus ou moins longs. Il existe, sous ce rapport, d'énormes différences entre tel et tel observateur. Chez l'un, les rayons ne dépassent pas 3, 4 ou 5 minutes de degré; chez d'autres, ils s'étendent à 12 ou 15 minutes. Pour tout le monde, les satellites se trouvent donc ordinairement noyés dans une fausse lumière. Si

nous supposons maintenant que l'image de Jupiter, dans certains yeux exceptionnels, s'épanouisse seulement par des rayons de 1 ou 2 minutes d'amplitude, il ne semblera plus impossible que les satellites soient de temps en temps aperçus, sans avoir besoin de recourir à l'artifice de l'amplification. Pour vérifier cette conjecture, j'ai fait construire une petite lunette dans laquelle l'objectif et l'oculaire ont à peu près le même foyer et qui dès lors ne grossit point. Cette lunette ne détruit pas entièrement les rayons divergents, mais elle en réduit considérablement la longueur. Eh bien, cela a suffi, dès le premier essai, pour que le 3e satellite, convenablement écarté de la planète, soit devenu visible. Le fait a été constaté par tous les jeunes astronomes de l'Observatoire, MM. E. Bouvard, Laugier, Mauvais, Goujon, Faye. Dès qu'on a établi que les satellites de Jupiter peuvent être aperçus sans grossissement d'aucune sorte, il est évident que l'œil qui réduira les rayons divergents de l'image de la planète à la longueur que ces rayons conservent dans la petite lunette découvrira ces faibles astres tout aussi bien que les yeux ordinaires le font en employant l'instrument. Tout porte à croire qu'il existe des yeux naturellement doués de cette perfection, des yeux qui dépouillent les images des objets éloignés et les plus brillants de toute fausse lumière. »

Enfin j'ai rendu compte au Bureau des Longitudes le 13 septembre 1843, et à l'Académie des sciences le 2 octobre, des diverses observations que j'avais faites pour déterminer les affaiblissements comparatifs que Jupiter et ses satellites doivent éprouver pour disparaître.

(Voir le 7e Mémoire sur la photométrie, t. x des *Œuvres*, t. Ier des *Mémoires scientifiques*.)

Année 1810.

21 septembre. 11^h. Diamètre perpendiculaire aux bandes, 609.5, 614.5, 611, 609, 609, 612, 611.5; moyenne, 610.94 — 84.75 = 526p.19 = 40″.52. Le ciel est assez beau, mais Jupiter paraît un peu baveux dans ma lunette prismatique. J'ai employé le fort grossissement. Je crains que ces observations ne méritent pas beaucoup de confiance.

Minuit 30^m. Diamètre dans le sens des bandes, 646.5, 638.5, 641, 635, 635, 630; moyenne, 637.67 — 84.75 = 552p.92 = 42″.57. Ces observations sont probablement plus mauvaises encore que les précédentes, par la raison qu'on voyait mal Jupiter. Les quatre premières observations sont faites avec le fort grossissement, les deux autres avec le moyen grossissement.

L'aplatissement qui résulte de ces séries est $\frac{1}{21}$.

26 septembre. $10^h\ 30^m$. Diamètre dans le sens des bandes, 649, 650, 646.5; moyenne, 648.50 — 84.75 = 563p.75 = 43″.41. Emploi du moyen grossissement.

28 septembre. $11^h\ 30^m$. Diamètre perpendiculaire aux bandes, 623, 619, 612.5, 627, 621.5, 623, 620; moyenne, 622.29 — 84.75 = 537p.54 = 41″.39. Emploi du fort grossissement.

Diamètre dans le sens des bandes, 649.5, 656, 656, 654, 654, 655; moyenne, 654.08 — 84.75 = 569p.33 = 43″.84. Emploi du fort grossissement.

L'aplatissement est de $\frac{1}{17}$.

Minuit. Diamètre dans le sens des bandes, 650, 653, 656, 657, 654; moyenne, 655.00 — 84.75 = 570p.25 = 43″.91. Emploi du moyen grossissement.

Diamètre perpendiculaire aux bandes, 629, 627, 626, 628, 626, 625; moyenne, 626.83 — 84.75 = 542p.08 = 41″.74. Emploi du moyen grossissement. On a bien vu dans cette dernière série; pour les autres, Jupiter était baveux.

L'aplatissement est de $\frac{1}{20}$.

Après la série précédente, on a rendu le bord inférieur de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de la seconde planète (fig. 21), et l'on a

trouvé que ce bord était tangent à la bande lorsque l'index marquait 472.25, ce qui donne $472.25 - 84.75 = 387^{p}.50 = 29''.84$ pour la distance *ab*.

23 octobre. 10^{h}. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre quatre mesures, $689.50 - 84.75 = 604^{p}.75 = 46''.57$. Le ciel est nuageux, et Jupiter est mal terminé. Emploi du moyen grossissement.

27 octobre. $9^{h}\ 30^{m}$. Diamètre dans le sens des bandes, par une

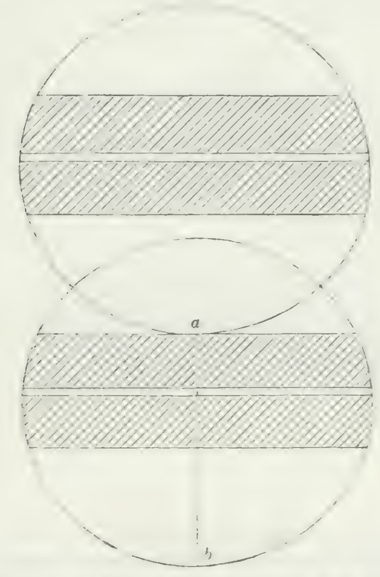


Fig. 21. — Mesure de la distance du bord supérieur de la bande supérieure de Jupiter au bord inférieur de la planète (apparences).

moyenne entre six mesures, $684.50 - 84.75 = 599^{p}.75 = 46''.18$. Emploi du moyen grossissement. Jupiter est mal terminé et extrêmement ondulant.

Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre quatre mesures, $652.13 - 84.75 = 567^{p}.38 = 43''.69$. Emploi du moyen grossissement. Jupiter est mieux terminé.

$10^{h}\ 30^{m}$. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre trois mesures, $652.67 - 84.75 = 567^{p}.92 = 43''.73$. Emploi du fort grossissement.

L'aplatissement est de $\frac{1}{1[illegible]}$.

29 octobre. 9h. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre six mesures. 690.75 — 84.75 = 606p.00 = 46''.67. On voit assez bien par moments. Emploi du fort grossissement.

9h 45m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre sept mesures. 651.29 — 84.75 = 566p.54 = 43''.62. On voit passablement bien par intervalles.

L'aplatissement est de $\frac{1}{15}$.

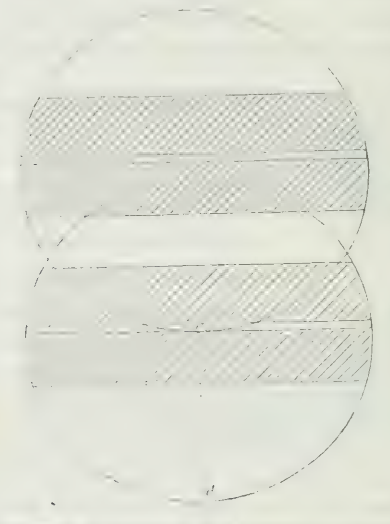


Fig. 22. — Mesure de la distance du bord supérieur de la bande inférieure de Jupiter au bord inférieur de la planète (apparences).

Après les mesures précédentes des diamètres de Jupiter, on a rendu le bord inférieur apparent de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur apparent de la bande supérieure apparente de la seconde planète, ainsi que le représente la figure 21, et les nombres que marquait l'index curseur ont été successivement : 492, 495, 488.5, 490.5, ce qui donne en moyenne 491.50 — 84 75 = 406p.75 = 31''.32, pour la distance *ab*. On a ensuite cherché à faire une mesure analogue pour la seconde bande (fig. 22); mais ces dernières observations étaient plus difficiles par la raison que le bord de la planète supérieure apparente était moins tranché, et que la dernière bande de Jupiter est moins apparente que la

première. Quoi qu'il en soit, on a successivement trouvé [illegible] 383.5, ce qui donne par une moyenne [illegible] — 84.75 = [illegible] — 23″.08 pour la distance $c\,d$. Si ces observations sont en erreur, je soupçonne que les nombres sont trop petits, c'est-à-dire que le bord inférieur de la planète supérieure aura mordu la bande.

6 novembre. 10h. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre sept mesures, 700.94 — 84.75 = 616p.19 = 47″.45. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre qua-



Fig. [illegible] — [illegible]

tre mesures, 657.13 — 84.75 = 572p.38 = 44″.07. Des brumes se répandent pendant cette seconde série. Emploi de l'oculaire de moyen grossissement. Valeur de l'aplatissement $\frac{1}{14}$.

7 novembre. 7h 45m à 9h. En rendant le bord inférieur de la planète supérieure tangent au bord supérieur de la bande supérieure de la deuxième planète (fig. 21), on a successivement trouvé les résultats : 503, 500, 497.5, 500, 505, dont la moyenne donne 501.10 — 84.75 = 416p.35 = [illegible] pour la distance $a\,b$. — Immédiatement après, on a rétabli le bord supérieur de la planète inférieure

tangent au bord inférieur de la bande inférieure de la planète supérieure (fig. 23), ce qui a donné successivement 455, 455, 450, dont la moyenne fournit 453.33 — 84.75 = 368p.58 = 28″.38 pour la distance *ef*. — Le bord inférieur de la planète supérieure étant tangent au bord supérieur de la bande inférieure de la seconde planète (fig. 22, p. 362), l'index a successivement marqué 377, 380, 383, 382, dont la moyenne donne 380.50 — 84.75 = 295p.75 = 22″.88 pour la distance *cd*. — Le bord supérieur de la planète inférieure étant tangent au bord inférieur de la bande supérieure de la deuxième planète (fig. 24), l'index de l'échelle marquait 344, 340,

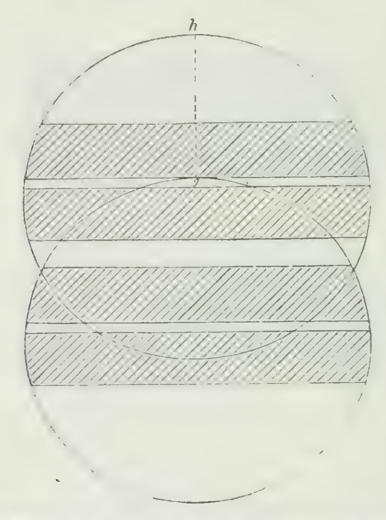


Fig. 24. — Mesure de la distance du bord inférieur de la bande supérieure de Jupiter au bord supérieur de la planète (apparences).

344, 344, dont la moyenne donne 343.00 — 84.75 = 258p.25 = 19″.89 pour la distance *gh*. — Les bandes se voyaient assez distinctement pendant ces quatre séries d'observations. — Emploi du moyen grossissement.

13 novembre. 8h à 10h. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre sept mesures, 706.36 — 84.75 = 621p.61 = 47″.86. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre six mesures, 675.26 — 84.75 = 590p.51 = 44″.47. — Valeur de l'aplatissement $\frac{1}{14}$. — Le bord inférieur de la planète

supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande supérieure de la deuxième planète (fig. 21, p. 361), l'index donne, par une moyenne entre quatre mesures, 518.13 — 84.75 = 433p.38 = 33''.37 pour la distance *ab*. — Jupiter est assez bien terminé pendant ces séries. Emploi du moyen grossissement.

16 novembre. Diamètre pris dans le sens des bandes, par une moyenne entre deux mesures, 711.50 — 84.75 = 626p.75 = 48''.25. Après ces deux observations, le ciel a été complétement couvert par les nuages. Emploi du moyen grossissement.

17 novembre. $8^h\ 15^m$. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre cinq mesures, 662.20 — 84.75 = 577p.45 = 44''.46. Emploi du fort grossissement.

Le même jour, à $2^h\ 32^m$ de la pendule sidérale des cabinets de l'Observatoire (11^h de temps vrai à peu près), on voyait parfaitement Jupiter et ses bandes; mais ces dernières n'atteignaient pas le bord du disque de la planète; c'était, de plus, à l'orient en apparence (fig. 25), et, par conséquent, à l'occident en réalité que la

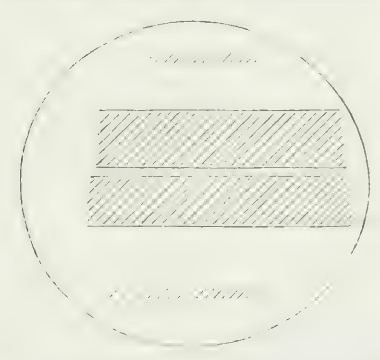


Fig. 25. — Apparences des bandes de Jupiter le 17 novembre 1810, dans une lunette renversant les objets.

séparation était la plus grande. La lunette de l'Empereur, dont je me suis servi, et celle de Lerebours, avec laquelle observait M. Bouvard, présentaient absolument les mêmes circonstances.

22 novembre. 7^h à $7^h\ 30^m$. Diamètre pris dans le sens des bandes, par une moyenne entre sept mesures, 706.00 — 84.75 = 622p.25 = 47''.91. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre six mesures, 670.50 — 84.75 = 585p.75 = 45''.11. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{17}$. — Jupiter est baveux pendant ces observations. — Emploi du fort grossissement.

8h 15m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre six mesures, 671.75 — 84.75 = 587p.00 = 45″.20. — Diamètre pris dans le sens des bandes, par une moyenne entre sept mesures, 707.07 – 84.75 = 622p.32 = 47″.92. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{17}$. — Emploi du moyen grossissement.

Un instant après minuit, j'ai attentivement examiné Jupiter avec l'excellente lunette de Lerebours. Ses bandes sont très-apparentes, mais ne se prolongent pas jusqu'aux bords du disque de la planète; l'intervalle est un tant soit peu plus grand à l'orient apparent, occident réel, que de l'autre côté. Cependant, la séparation est moins grande que la première fois que j'ai fait ce genre d'observation. Il semble que le disque de la planète est moins lumineux aux bords qu'au centre; on s'aperçoit très-sensiblement de la différence quand on se sert de la lunette prismatique. Cette observation, si elle est certaine, indiquerait que Jupiter est entouré d'une épaisse atmosphère. La bande inférieure de la planète n'est uniformément ni large ni droite; les légers coudes qu'elle présente fournissent des repères à l'aide desquels j'ai aperçu très-distinctement et en peu d'instants le mouvement de la bande d'orient en occident, ou en apparence d'occident en orient, avec la lunette qui présente les objets à l'envers.

23 novembre. Passage du 3e satellite de Jupiter sur le corps de la planète. Les temps indiqués dans les observations ont été pris à la pendule sidérale des cabinets.

A 11h 28m, le corps du satellite déborde un peu le bord de la planète; à 11h 34m, le satellite est tout à fait entré sous la planète, mais on ne le voit presque plus. La lumière du satellite était sensiblement plus intense que la lumière du bord de Jupiter; mais la lumière de la planète paraît aller en augmentant du bord au centre, car le satellite qui se voit très-distinctement près du bord disparaît au contraire quand il est un peu avancé sur le disque de la planète.

Passage de l'ombre du 3e satellite sur le disque de Jupiter :

à 23h	37m	30s,	l'ombre mordait déjà sur le disque;
23	38		l'ombre paraît être entrée à moitié;
23	41		l'ombre paraît être entrée aux trois quarts;
23	43		l'ombre est entrée presque en entier;
23	45		l'ombre est tangente intérieurement au bord de la planète;
23	48		l'ombre est tout à fait détachée du bord;

24^h 51^m l'ombre est déjà loin du bord;
1 23 le bord de l'ombre paraît être éloigné du bord oriental apparent (occidental réel) de la planète d'une épaisseur de l'ombre;
1 36 le satellite paraît être tangent au bord de la planète;
1 46 l'ombre me semble être partagée en deux parties égales par le bord de la planète;
1 55 l'ombre est totalement sortie.

Il m'a semblé qu'à la sortie l'ombre du satellite était sensiblement allongée.

Toutes les observations précédentes ont été faites avec la lunette de Lerebours.

Pendant le passage de l'ombre du 3e satellite sur le disque de Jupiter, j'ai mesuré à diverses reprises sa distance au bord de la planète, à l'aide de la lunette prismatique. Voici les résultats que j'ai obtenus :

Nos d'ordre des observations.	Heures des observations.	Parties de l'échelle indiquées par l'index.	Distances comptées en secondes.	Remarques.
1	8h 14m	416	25".51	Le bord extérieur de l'image de droite étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
2	8 20	406	24 .74	*Id.*
3	8 25	321	13 .49	Le bord intérieur de l'image de droite étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
4	8 31	366	28 .81	Le bord extérieur de l'image de droite étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
5	8 33 30s	316	17 .82	*Id.*
6	8 58	2[illegible]6	13 .96	Le bord intérieur de l'image de droite étant en contact avec l'ombre de l'autre image.

7	8h 43m 30s	316	17″.82	Observation sûre. — Le bord extérieur de l'image de droite est en contact avec l'ombre de l'autre image.
8	8 50 20	302	16 .73	*Id.*
9	8 54	375.5	22 .39	Le bord extérieur de l'image de gauche étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
10	8 57 30	269.5	14 .23	Le bord extérieur de l'image de droite étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
11	9 3	251.5	12 .82	*Id.*
12	9 5 30	431.5	26 .69	Le bord extérieur de l'image de gauche étant en contact avec l'ombre de l'autre image.
13	9 9	161	5 .87	Le bord supérieur de l'image inférieure étant en contact avec la partie inférieure de l'ombre de l'image supérieure.

Lorsque les bords des deux images de Jupiter étaient en contact, l'index de l'échelle correspondait à peu près à 705 — 84.75 = 620p.25 = 47″.76.

Pour toutes ces observations on a employé le fort grossissement.

Les temps indiqués dans le tableau ci-dessus sont ceux de ma montre; je l'ai comparée à la pendule des cabinets, ainsi qu'il suit :

Pendule.	Montre.
1h 15m 18s	9h 17m
3 16 17	9 18
1 59 25	12 0
4 0 23	12 1

La 1re observation comparée à la 2e donne 10 parties pour le mouvement de l'ombre en 6m, et par conséquent 1p.677 = 0″.128 pour 1m.

La 2e comparée à la 4e donne 40 parties pour le mouvement de l'ombre en 11m, et par conséquent 3p.636 = 0''.282 pour 1m.

La 4e comparée à la 7e donne 50 parties pour le mouvement en 12m.5, et par conséquent 4p.000 = 0''.308 pour 1m.

La 7e comparée à la 8e donne 14 parties pour le mouvement en 7m, et par conséquent 2p.000 = 0''.154 pour 1m.

La 8e comparée à la 10e donne 32p.5 pour le mouvement en 7m.5, et par conséquent 4p.333 = 0''.334 pour 1m.

La 10e comparée à la 11e donne 18 parties pour le mouvement en 5m.5, et par conséquent 3p.272 = 0''.252 pour 1m.

La 1re comparée à la 11e donne 164p.5 pour le mouvement en 49m, et par conséquent 3p.357 = 0''.258 pour 1m.

La 7e comparée à la 6e donne, en tenant compte du mouvement de l'ombre dans l'intervalle compris entre les deux observations, 68p.23 = 5''.25 pour le diamètre de l'ombre.

La 2e comparée à la 3e donne 70p.90 = 5''.46.

Passage de l'ombre du 1er satellite sur le disque de Jupiter, les temps étant comptés sur la pendule sidérale des cabinets :

à 1h 41m. l'ombre du 1er satellite mord le disque de la planète;
1 44 l'ombre est tangente intérieurement au bord du disque;
1 46 l'ombre est totalement détachée de la planète;
3 50 je crois apercevoir, sans en être bien sûr, que le bord de l'ombre mord encore le bord de la planète; un instant après on ne voit plus rien.

On s'est servi pour ces observations de la lunette de Lerebours.

11 décembre. 5h 45m à 6h 15m. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre six mesures, 689.67 — 84.75 = 604p.92 = 46''.58. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre cinq mesures, 652.90 — 84.75 = 568p.15 = 43''.75. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$. — Jupiter est bien terminé. Emploi du fort grossissement. — En amenant, par le mouvement du prisme, les satellites sur le disque de la planète, j'ai constamment remarqué qu'on les voit très-distinctement lorsqu'ils sont près du bord, parce que leur lumière est plus intense que celle de la planète, et qu'ils s'affaiblissent beaucoup et finissent même par disparaître, au contraire, lorsqu'ils se rapprochent du centre.

16 décembre. J'ai amené à plusieurs reprises le 1er satellite sur le disque de la planète à l'aide de la lunette prismatique. J'ai con-

stamment remarqué que sa lumière prédomine sur celle du bord de Jupiter, tandis qu'elle se voit difficilement, au contraire, quand elle se projette sur la lumière du centre ; le satellite se voit, en effet, d'autant plus difficilement qu'il se projette sur des parties du disque de la planète plus éloignées du bord. — J'ai fait passer le satellite sur la bande supérieure apparente, et il la couvrait presque en entier. — Pendant ces observations, Jupiter est couvert d'un léger brouillard. J'ai employé le fort grossissement.

17 décembre. $8^h\ 30^m$. J'ai comme hier amené le 1er satellite sur le disque de la planète ; on le voyait très-distinctement près du bord, point du tout au centre, et d'autant moins qu'il se rapprochait davantage de ce dernier. — Emploi du fort grossissement.

18 décembre. $9^h\ 30^m$. En rendant le bord inférieur de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de la deuxième planète (fig. 21, p. 361) on a trouvé que l'index de l'échelle marquait 469, 470, 470, ce qui donne par une moyenne $469.67 - 84.75 = 374^p.92 = 28''.87$ pour la valeur de la distance *ab*. — Lorsque le bord supérieur de la planète inférieure apparente était tangent au bord inférieur de la bande inférieure apparente de la deuxième planète (fig. 23, p. 363), l'index marquait 428, 423, 427, ce qui donne par une moyenne $426.00 - 84.75 = 341^p.25 = 26''.28$ pour la distance *ef*. — Pendant ces mesures, Jupiter est bien terminé. — Emploi du fort grossissement.

21 décembre, $10^h\ 30^m$ à $11^h\ 45^m$. Le bord inférieur de la planète supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande supérieure de la deuxième planète (fig. 21, p. 361), l'index de l'échelle a successivement marqué 474, 472, 473, ce qui donne par une moyenne $473.00 - 84.75 = 388^p.25 = 39''.29$ pour la distance *ab*. — Le bord supérieur apparent de la planète inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande inférieure de la première planète (fig. 23, p. 363), l'index de l'échelle a successivement répondu à 420, 430, 428, 422, ce qui donne par une moyenne $425.00 - 84.75 = 340^p.25 = 26''.20$ pour la distance *ef*. — Quand le bord inférieur de la planète supérieure était tangent au bord supérieur de la bande inférieure de la deuxième planète (fig. 22, p. 362), l'index de l'échelle marquait 374.5, 377, ce qui donne par une moyenne $375.85 - 84.75 = 291^p.00 = 22''.41$ pour la distance *cd*. — Le bord supérieur de la planète inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande supérieure de la planète supérieure (fig. 24, p. 364), l'index marquait 342, 347.5, ce qui donne par une moyenne $344.75 - 84{,}75 = 260^p.00 = 22''.22$ pour la distance *gh*. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne

entre 4 mesures, 642.63 — 84.75 = 557p.88 = 42''.96. — Il règne un vent du sud-ouest extrêmement violent qui agite la lunette. Les bandes et surtout la bande inférieure sont un peu diffuses ; cette circonstance et les fortes oscillations de la lunette rendent les observations difficiles. — Emploi du fort grossissement.

26 décembre. 8h 15m à 8 30m. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 662.67 — 84.75 = 577p.92 = 44''.50. — J'ai amené successivement le 1er et le 2e satellite sur le disque du Jupiter : le 1er se voyait très distinctement près du bord ; le 2e se voyait aussi, mais beaucoup moins ; près du centre je n'ai pu l'apercevoir. Le 1er satellite amené sur la bande inférieure apparente le couvrait presque en entier ; mais il était sensiblement moins large que la bande supérieure apparente sur laquelle je l'ai fait passer également. Le 2e et le 4e satellite me semblent être à peu près également lumineux ; vient ensuite le 1er, qui les surpasse ; quant au 3e il est sensiblement plus brillant que les trois autres. — Jupiter est bien terminé. — Emploi du fort grossissement.

27 décembre. 8h 30m à 9h 45m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 7 mesures, 630.64 — 84.75 = 545p.89 = 42''.03. Jupiter est baveux au commencement de cette série, bien terminé à la fin. — Le 3e satellite est beaucoup plus brillant que les autres ; le 4e est au contraire le plus petit : le 1er et le 2e semblent être de même intensité ; il est cependant possible que le 1er soit un tant soit peu plus brillant que le 2e ; dans tous les cas, la différence, si elle existe, est presque insensible. — Vers les 8h 30m de temps vrai, j'avais amené à diverses reprises le 4e satellite sur le disque de Jupiter, mais je n'ai pu l'y apercevoir ; je n'ai pas vu non plus de taches, quoique j'y aie fait une grande attention. — Les bandes de Jupiter, observées avec la lunette de Lerebours ne se prolongent pas jusqu'au bord du disque.

Année 1811.

19 janvier. 5h 30m. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 7 mesures, 625.76 — 84.75 = 541p.01 = 41''.66. — Les 4 satellites diffèrent très-peu les uns des autres en lumière ; aussi est-il très-difficile de fixer leurs rangs. Je crois cependant que les divers essais que j'ai faits peuvent m'autoriser à les classer ainsi : 1er, 2e, 4e, 3e. Ce dernier satellite étant fort près de la planète ne peut être aisément comparé aux autres ; je le juge le plus brillant, à cause de la facilité avec laquelle je l'aperçois sur le disque de la

planète, quand je l'y amène à l'aide de la lunette prismatique (8^h 15^m de temps vrai).

20 janvier. 9^h 45^m. Le 1er et le 3e satellite de Jupiter me semblaient également lumineux ; la lumière du 1er était peut-être un peu plus vive que celle du 3e, mais par compensation le diamètre de ce dernier était un peu plus grand que celui du 1er. Quant au 4e, il était sensiblement plus faible que les deux autres ; le 2e était éclipsé.

1er février. 5^h 45^m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 8 mesures, 580.69 — 84.75 = 485^p.94 = 37''.42. — En rendant le bord inférieur de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de la deuxième planète (fig. 21, p. 361), on a trouvé que l'index de l'échelle marquait successivement 425, 425, 429, 423, 429, 425, ce qui donne par une moyenne, 426.00 — 84.75 = 341^p.25 = 26''.28 pour la distance *ab*. — Le bord supérieur apparent de la planète inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande inférieure de la planète supérieure (fig. 23, p. 363), l'index de l'échelle a successivement correspondu à 401, 396, 401, 396.5, ce qui donne par une moyenne 398.62 — 84.75 = 313^p.87 = 24''.17 pour la distance *ef*. — En faisant ces observations, je me suis aperçu que l'index marche de lui-même et descend vers l'oculaire par son propre poids, à cause de la grande inclinaison de la lunette. Aussi, pour ces observations des bandes et pour les mesures suivantes, me suis-je servi du rappel. Il faudra voir si, parmi les séries antérieures, il n'y en aurait pas de défectueuses pour cette cause. — 7^h 45^m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 2 mesures, 574.90 — 84.75 = 490^p.15 = 37''.74. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 599.70 — 84.75 = 514^p.95 = 39''.68. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{20}$. Jupiter est assez bien terminé. On a serré la vis de l'index et l'on s'est servi de la manivelle. — L'ordre de grandeur des satellites est le suivant : 4e, 2e, 3e. Il est d'autant plus certain que le 4e satellite est le plus faible, qu'on le juge ainsi, quoiqu'il soit beaucoup plus éloigné de la planète que les deux autres (8^h de temps vrai).

4 février. 9^h 15^m à 9^h 45^m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 571.00 — 84.75 = 486^p.25 = 37''.44. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 593.43 — 84.75 = 508^p.68 = 39''.17. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{21}$. Jupiter est à la fin passablement terminé. Emploi du fort grossissement. On a serré la vis de la manivelle. — A 8^h de temps vrai, le 3e satellite est plus grand que le 1er, mais les

lumières semblent également vives; au reste, cette comparaison doit être influencée par l'inégale distance des deux satellites au disque de la planète. Le 1er m'a semblé tout aussi grand, tout aussi lumineux que le 4e, quoique ce dernier soit d'ailleurs plus loin de la planète que l'autre. Quant au 2e, qui est de l'autre côté de Jupiter, il me semble qu'on pourra le supposer égal au 1er en grandeur et en éclat; car, bien que quelquefois on soupçonne qu'il est plus lumineux, cette légère différence n'existerait probablement pas, si les deux satellites étaient également éloignés du disque de la planète; le 2e est plus loin que le 1er; l'ordre de grandeur paraît être 3e, 2e = 1er, 4e. J'ai employé la lunette de Lerebours et le grossissement de 200 fois.

7 février. 6^{h} 20^{m} de temps sidéral ou vers 8^{h} de temps vrai. J'ai examiné Jupiter avec la lunette de Lerebours, armée des grossissements 88, 134 et 200 fois. Les satellites m'ont paru assez bien terminés. Le 4e, qui est à gauche en apparence, est assez près de la planète, et sensiblement plus faible que les autres; son disque est en outre très-petit. Le 3e, au contraire, est très-brillant et le plus grand de tous. Quant aux deux autres, il est très-difficile de fixer leur rang; il semble cependant que le 1er est un tant soit peu plus grand. M. Bouvard en a jugé de la même manière. Cependant, la différence des deux satellites sous les deux rapports est tellement légère qu'une troisième personne aurait bien pu les juger également gros et également lumineux.

17 février. Vers 8^{h} 15^{m} de temps vrai ou 6^{h} 15^{m} sidérales. L'ordre de grandeur des satellites m'a semblé être le suivant : 3e, 1er, 2e, 4e. Le 3e et le 1er satellite sont à peu près également éloignés de la planète et des deux côtés opposés; la lumière du 1er semble être par moments un peu plus vive que celle du 3e, mais, par compensation, le diamètre du 3e est peut-être un peu plus grand : somme toute, la différence est assez petite. Quant au 2e, il ne diffère pas beaucoup du 4e; cependant celui-ci paraît être un peu plus faible, et, comme il est plus loin de la planète, il est naturel de supposer que cette inégalité existe réellement. Au demeurant, les satellites sont mal terminés, quoique le temps paraisse très-serein. L'ombre du 3e satellite est sur le disque de Jupiter, mais les fortes ondulations de la planète la rendent souvent invisible; elle était tout à fait entrée à 5^{h} 89^{m} de la pendule sidérale.

18 février. Vers 7^{h} 10^{m} de temps vrai ou 5^{h} 10^{m} de temps sidéral. En se servant de la lunette de l'Empereur, et d'un grossissement de 191 fois, on trouve que l'ordre de grandeur des satellites est le suivant : 3e, 2e, 1er, 4e. La différence du 3e au 2e est assez sen-

sible ; le 2e semble un peu plus gros que le 1er, et un peu plus lumineux (le 2e est plus loin de Jupiter que le 1er). Quant au 4e, il est un peu moins lumineux que le 1er et à peu près aussi gros. Cependant, en discutant cette observation, il sera nécessaire de remarquer que le 1er étant plus près de la planète que le 4e aura dû être affaibli par cette cause. — Les bandes de Jupiter sont assez visibles, mais le bord de la planète et les satellites ne sont pas très-bien terminés. — A 6^{h} 26^{m} de temps sidéral, j'ai examiné Jupiter avec la même lunette, et il m'a semblé que la lumière du 1er satellite est décidément plus vive que celle du 4e ; mais le volume de ce dernier est peut-être un tant soit peu plus gros. Quant au 2e, je pense toujours qu'il est plus brillant et plus grand que le 1er, sans que la différence soit bien sensible. — A 9^{h} de temps vrai (7^{h} 5^{m} de temps sidéral), j'ai trouvé le même ordre de grandeur pour les satellites en employant le grossissement de 88 fois ; la différence du 1er au 2e est très-petite, mais toujours à l'avantage de ce dernier. M. Bouvard, qui a examiné les satellites immédiatement après moi, les a rangés absolument dans le même ordre.

19 février. 7^{h} de temps sidéral (vers 9^{h} de temps vrai). L'ordre d'éclat des satellites m'a paru être le suivant : 3e, 4e, 1er, 2e. Le temps est brumeux et les satellites sont mal terminés, en sorte qu'on n'a pas pu comparer leurs grandeurs. Le 2e et le 1er étant assez près de la planète auront peut-être été affaiblis par cette cause ; le 4e est vers sa plus grande digression. Il est du reste possible qu'à cause du mauvais temps et de la très-inégale distance des satellites au corps de Jupiter, ces observations ne soient pas très-bonnes. On s'est servi d'une lunette de Cauchoix, armée d'un grossissement de 150 fois.

22 février. 5^{h} 30^{m} de temps sidéral (vers 7^{h} 15^{m} de temps vrai). Emploi de la deuxième lunette de Lerebours et d'un grossissement de 191 fois. Le 3e satellite est le plus gros ; vient ensuite le 2e, puis le 1er, et enfin le 4e. La lumière du 3e satellite et celle du 1er me semblent également vives ; celle du 2e est plus faible ; la lumière du 4e est la plus terne de toutes. Le 1er et le 4e satellite ne diffèrent pas beaucoup en volume ; le 2e semble un peu plus grand, sans que la différence soit très-sensible. — En regardant ensuite avec un grossissement de 134 fois, et faisant abstraction des volumes dont on ne peut guère tenir compte avec cet oculaire, on aurait au premier coup d'œil placé les satellites dans cet ordre : 3e, 2e, 1er, 4e. La différence du 2e au 3e n'est pas tellement grande qu'on n'eût pu être indécis : il faut aussi remarquer que le 1er satellite est plus près de la planète que le 2e. — Avec la même lu-

nette et un grossissement de 88 fois, je place ainsi les satellites : 3ᵉ, 2ᵉ, 1ᵉʳ, 4ᵉ. La différence du 1ᵉʳ au 2ᵉ ne paraît pas très-grande ; je n'ai pas tenu compte de l'inégale distance des satellites au disque de Jupiter dans cette dernière observation.

1ᵉʳ mars. Vers 6^h de temps vrai (5^h de temps sidéral). Emploi du grossissement de 88 fois. Le 3ᵉ satellite est sensiblement le plus gros ; le 4ᵉ au contraire est très-sensiblement le plus petit et le moins lumineux, quoiqu'il soit d'ailleurs vers sa plus grande digression ; le 1ᵉʳ et le 2ᵉ sont également gros, mais la lumière du 2ᵉ semble un peu plus vive. — A une seconde épreuve, avec le même grossissement, j'aurais jugé que la lumière du 2ᵉ est plus blanche et plus vive que celle du 1ᵉʳ, qui est un peu rougeâtre ; mais le diamètre de ce dernier satellite est un peu plus grand que celui du 2ᵉ. — A $5^h\,20^m$ de temps sidéral. Emploi du grossissement de 200 fois. Le 3ᵉ satellite est le plus gros et le plus lumineux. Le 1ᵉʳ et le 2ᵉ sont égaux en diamètre et en lumière (celle du 2ᵉ est peut-être la plus vive, mais je n'oserais l'affirmer) ; le 4ᵉ est plus petit et plus faible que les autres. Cependant il me semble que, dans l'effet général que produisent les satellites au premier coup d'œil, il y a, avec ce grossissement, une moins grande disproportion entre le 4ᵉ satellite et les deux premiers, qu'avec les grossissements inférieurs.

5 mars. $5^h\,30^m$ de temps sidéral (vers $6^h\,30^m$ de temps vrai). Emploi de la lunette de Lerebours et du grossissement de 200 fois. L'ordre de grandeur des satellites est le suivant : 3ᵉ, 2ᵉ, 1ᵉʳ, 4ᵉ. La différence entre le 1ᵉʳ et le 2ᵉ est très-petite ; la lumière du 1ᵉʳ est peut-être un peu plus vive que celle du 2ᵉ, tandis que ce dernier satellite surpasse l'autre à son tour sous le rapport du volume. Au reste, je n'ai placé le 2ᵉ satellite avant le 1ᵉʳ que parce que les nuages qui passent avec rapidité devant Jupiter font toujours disparaître le 1ᵉʳ satellite avant le 2ᵉ.

11 mars. $8^h\,15^m$ de temps vrai. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, $522.88 - 84.75 = 438^p.13 = 33''.73$. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 6 mesures, $544.08 - 84.75 = 499^p.33 = 38''.45$. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{11}$. Jupiter est mal terminé ; les bandes sont fort peu visibles. Emploi du fort grossissement. — Avec la lunette prismatique, le 1ᵉʳ et le 4ᵉ satellites me paraissent être également gros ; mais le 1ᵉʳ est plus lumineux. Le 2ᵉ est certainement plus petit, puisque, en le mettant à côté du disque de la planète, on ne le voyait presque pas. — Avec la lunette de Lerebours et le grossissement de 90 fois, j'aurais jugé le 1ᵉʳ et le 3ᵉ satellite à peu près également lumineux ;

le 2e et le 4e également gros, mais ce dernier un tant soit peu plus faible.

15 mars. 7h 10m de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours et d'un grossissement de 190 fois. L'ordre des satellites me semble être le suivant : 3e, 2e, 1er, 4e. Le 3e est le plus gros et le plus lumineux. Le 2e et le 1er me semblent être également gros ; mais la lumière du 2e est sensiblement plus vive (la lumière du 1er est rougeâtre). Le 4e est à peu près aussi gros que le 1er ; sa lumière me semble un peu plus faible, mais la différence n'est pas considérable.

17 mars. 8h 30m de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours et des grossissements de 90, 130 et 200 fois. Les satellites diffèrent entre eux beaucoup moins qu'à l'ordinaire. Je vois cependant qu'on pourrait les ranger ainsi : 3e, 1er, 2e, 4e. Le 1er et le 3e ne diffèrent pas beaucoup. La différence du 2e au 4e est aussi très-peu sensible. Le 2e et le 1er sont peut-être également gros, mais la lumière du 1er est plus vive.

18 mars. 7h 30m de temps vrai. Emploi de la deuxième lunette de Lerebours et des grossissements 190 et 134 fois. Le 1er satellite me semble aussi gros et aussi lumineux qu'à l'ordinaire. Le 3e est un peu plus volumineux, mais la différence ne paraît pas aussi grande que dans quelques-unes des observations précédentes ; le 4e m'a paru plus petit que le 1er, mais la différence est moins grande que de coutume. Au reste, il est très-important pour ce 4e satellite, qui quelquefois est fort loin de la planète, d'attendre qu'il soit venu au centre de la lunette ; car, sans cette précaution, on pourrait être induit en erreur par l'inégale épaisseur des parties de l'oculaire, par lesquelles passent les rayons venant des divers satellites.

21 mars. 6h 30m de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours et du grossissement de 134 fois. L'ordre des satellites est le suivant : 3e, 1er, 2e, 4e. Le 3e et le 1er diffèrent peu ; le 2e et le 4e ne sont pas non plus très-inégaux ; cependant, le 4e est plus faible que l'autre (il est aussi plus près du disque de la planète). — 7h de temps vrai. Emploi du grossissement de 200 fois. La différence du 3e au 1er satellite est moins considérable encore qu'avec le précédent oculaire ; il m'est même arrivé, par moments, de croire qu'ils étaient parfaitement égaux ; le 4e est toujours le plus faible ; le 2e a un diamètre un peu plus grand, mais sa lumière est aussi peu vive.

24 mars. 8h de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours et des grossissements de 90, 140 et 200 fois. Il me semble qu'il y a de moins grandes différences qu'à l'ordinaire entre les intensités res-

pectives des divers satellites. Le 3e est cependant le plus gros; le 1er et le 2e sont, ce semble, de la même grosseur et de la même intensité. S'il fallait absolument les classer, je crois que je mettrais le 1er d'abord; quant au 4e, il est plus petit que les deux précédents, sans cependant que la différence soit bien grande.

25 mars. 8h de temps vrai. Le 1er et le 3e satellites sont à très-peu près de la même grandeur. Avec un grossissement de 90 fois, je les jugeais parfaitement égaux. Avec celui de 140, le 3e satellite me semblait un tant soit peu plus gros et plus rouge que le 1er. Avec l'oculaire grossissant 200 fois, il m'est arrivé par moments de croire que le 1er satellite était le plus brillant. Le 2e satellite est invisible. Le 4e est vers sa plus grande digression, et diffère moins des autres, ce me semble, qu'à l'ordinaire.

26 mars. 8h 45m de temps vrai. Le 3e satellite est le plus gros. La lumière du 2e est peut-être plus vive, mais son diamètre est plus petit. Le 4e satellite est à la fois le moins lumineux et le plus grand; il me semble cependant que je l'ai souvent vu plus petit; je crois également que dans quelques-unes des observations précédentes le 3e satellite a été plus lumineux qu'il ne l'est aujourd'hui. Le 1er satelite est en contact avec la planète, mais les fortes ondulations de son bord ne m'ont pas permis d'observer l'instant de l'entrée avec exactitude.

28 mars. 9h de temps vrai. Emploi des lunettes de Lerebours et de Gauchoix, armées d'un grossissement de 140 fois environ. Le 1er et le 3e satellite me semblent également gros et également lumineux; je soupçonne cependant par moments que le volume du 3e est le plus grand : dans tous les cas, la différence est légère. Le 2e et le 4e sont sensiblement plus faibles que les deux précédents, mais ils ne diffèrent pas beaucoup l'un de l'autre; il est cependant possible que le 2e satellite soit un tant soit peu plus lumineux que le 4e.

29 mars. 9h de temps vrai. Le 3e satellite est le plus gros et le plus lumineux. Vient ensuite le 2e. Je placerais le 1er, qui ne diffère pas beaucoup du précédent, immédiatement après. Quant au 4e, il est très-sensiblement plus faible que les trois autres. Emploi de la lunette de Lerebours et du grossissement de 134 fois. M. Bouvard a placé les satellites dans le même ordre que moi.

1er avril. 8h de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours et des grossissements de 134 et de 200 fois. Le 3e satellite est le plus gros et le plus brillant; le 1er vient après; celui-ci est suivi du 2e; enfin, le 4e est le plus faible, mais il ne diffère pas beaucoup du 2e.

12 avril. 7h 30m de temps vrai. Emploi de la lunette de Lerebours

et du grossissement de 200 fois. Le 3e satellite est le plus gros et le plus lumineux. Le diamètre du 2e est peut-être plus grand que celui du 1er; mais je crois que la lumière de ce dernier est un tant soit peu plus vive que celle du 2e; en sorte que tout compensé ces deux satellites, au premier aspect, semblent également lumineux. Quant au 4e, il est extrêmement faible en comparaison des autres.

18 octobre. $5^h\ 15^m$ du matin. Un instant avant l'immersion du 1er satellite, j'ai trouvé que ce satellite était supérieur au 4e, tant en grandeur qu'en éclat. Je me suis servi de la lunette de Lerebours et d'un grossissement de 191 fois. La comparaison était facile, les deux satellites étant du même côté de la planète et assez sensiblement à la même distance de son disque.

19 octobre. 11^h de temps vrai. Emploi de la lunette de l'Empereur et du grossissement de 191 fois. Les satellites de Jupiter ont des disques; celui du 3e est le plus grand; le 1er et le 4e sont égaux, peut-être même que celui-ci surpasse le 1er; mais par compensation la lumière du 1er, qui sans contredit est plus vive que celle du 4e, me paraît un peu plus vive que celle du 3e L'ombre du 2e satellite se projette sur le disque de la planète; mais elle est très-peu visible, parce qu'elle suit la bande inférieure dont elle n'égale pas tout à fait le diamètre.

Année 1812.

5 avril. 9^h de temps vrai. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, $517.50 - 84.75 = 432^p.75 = 33''.32$. Jupiter est par moments assez bien terminé.

10 avril. $8^h\ 30^m$ de temps vrai. Le 4e satellite de Jupiter est entièrement faible. Le 3e surpasse le 1er en grandeur et en lumière. Le 2e se projette sur la planète à peu de distance du bord. Le 4e satellite, qui a fréquemment un disque terminé, est maintenant tellement petit et faible que je l'ai d'abord pris pour une très-petite étoile, dans le voisinage de laquelle je supposais que la planète était arrivée.

30 avril. 9^h de temps vrai. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, $489.00 - 84.75 = 404^p.25 = 31''.13$. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 7 mesures, $510.93 - 84.75 = 426^p\ 18 = 32''.82$. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{19}$. Jupiter est couvert de vapeurs et ondulant pendant la plus grande partie de ces observations; cependant on pointe assez bien.

•

5 mai. 8^h à 8^h 15^m de temps vrai. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 10 mesures. 487.20 — 84.75 = 402p.45 = 30″.99. Distance du bord de Jupiter au bord supérieur apparent de la bande supérieure apparente de la planète (fig. 21, p. 361), par une moyenne entre 4 mesures. 362.37 — 84.75 = 277p.62 = 21″.38. Jupiter se voit assez distinctement. — 9^h de temps vrai. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 508.83 — 84.75 = 424p.08 — 32″.61. On place le premier diaphragme devant l'objectif, et on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 503.17 — 84.75 — 416p.42 = 32″.06. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{20}$. Jupiter est ondulant à la fin des observations, et on a de la peine à l'observer, à cause de la faiblesse des images.

17 mai. 8^h 15^m à 8^h 45^m. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 8 mesures, 478.75 — 84.75 = 394p.00 = 30″.33. Jupiter est un peu baveux. Le crépuscule est très-fort. — On place le bord de Jupiter tangentiellement au bord supérieur de la bande supérieure apparente (fig. 21, p. 361), et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 373.10 — 84.75 = 288p.35 = 22″.20 pour la distance *a b*. Les observations sont difficiles parce que les bandes de la planète ne sont pas très-noires.

22 mai. 8^h 45^m. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 501.50 — 84.75 = 416p.75 = 32″.09. Jupiter est ondulant et baveux.

31 mai. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 465.00 — 84.75 = 380p.25 = 29″.28. Jupiter est très-bas et très-mal terminé.

Année 1813.

5 mai. 8^h à 9^h 10^m. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 535.00 — 84.75 = 450p.25 = 34″.67. — On rend le bord inférieur apparent de Jupiter tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de la deuxième image, et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 373.00 — 84.75 = 288p.25 = 22″.19. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 509.67 — 84.75 = 424p.92 = 32″.72. Jupiter est bien net. Emploi du fort grossissement. Valeur de l'aplatissement $\frac{1}{17}$.

13 mai. 9^h à 9^h 30^m. Distance du bord supérieur de la bande su-

périeure apparente au bord de la planète (fig. 21, p. 361) par une moyenne entre 6 mesures, 363.33 — 84.75 = 278p.58 = 21".45. Lorsque le bord inférieur de la planète supérieure apparente touche le bord de la première bande, le bord supérieur de la planète inférieure me paraît toucher presque exactement le bord inférieur apparent de l'autre bande. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 499.60 — 84.75 = 414p.85 = 31".94. — Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 7 mesures, 528.00 — 84.75 = 443p.25 = 34".13. Jupiter est très-ondulant et fort souvent couvert par des nuages. Emploi du fort grossissement. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$.

14 mai. 8h à 8h 15m. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 525.83 — 84.75 = 441p.08 = 33".96. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 497.50 — 84.75 = 412p.75 = 31".78. Au moment de ces observations, il est encore un peu jour. Emploi du fort grossissement. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$.

31 mai. 9h à 9h 30m. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 509.33 — 84.75 = 424p.58 = 32".69. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 479.50 — 84.75 = 394p.75 = 30".39. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. — On rend le bord d'une des images tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de l'autre image (fig. 21, p. 361), et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 355.70 — 84.75 = 270p.95 = 20".86 pour la distance *ab*.

3 juin. 8h 45m à 9h 15m. On rend le bord de l'image supérieure tangent au bord supérieur de la première bande de l'autre image et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 354.80 — 84.75 = 270p.05 = 20".79. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 476.40 — 84.75 = 391p.65 = 30".16. — Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 505.50 — 84.75 = 420p.75 = 32".40. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. — Il y avait des ondulations dans les bords des images. Il m'a semblé, pendant les observations des bandes, que l'inférieure apparente est un peu plus loin du bord inférieur que l'autre ne l'est du bord supérieur apparent. La bande inférieure n'est pas bien tranchée dans la partie la plus voisine du bord.

5 juin. 9h 15m à 9h 30m. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 7 mesures, 503.36 — 84.75 = 418p.61 = 32".23. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 me-

sures, 476.20 — 84.75 = 391p.45 = 30″.14. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{15}$. — Les images sont très-baveuses et ondulantes.

7 juin. 9h à 9h 45m. Diamètre incliné de 45° aux bandes, par une moyenne entre 7 mesures, 493.29 — 84.75 = 408p.54 = 31″.46. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 475.20 — 84.75 = 390p.45 = 30″.06. — On rend le bord de Jupiter tangent au premier bord de la bande supérieure apparente (fig. 21, 361) et on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 360.25 — 84.75 = 275p.50 = 21″.21. — Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 2 mesures, 502.75 — 84.75 = 418p.00 = 32″.19. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{15}$. — Les images, qui étaient d'abord très-pures, présentent à la fin des observations des ondulations excessives et on ne voit plus les bandes.

10 juin. 8h 45m à 9h 30m. Distance de la bande supérieure apparente au bord inférieur de la planète (fig. 21, p. 361), par une moyenne entre 5 mesures, 348.40 — 84.75 = 263p.25 = 20″.27. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 475.30 — 84.75 = 390p.55 = 30″.07. — Diamètre incliné de 45° aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 480.37 — 84.75 = 395p.62 = 30″.46. — Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 498.00 — 84.75 = 413p.25 = 31″.82. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{18}$. — Les ondulations deviennent tellement fortes que je ne peux continuer les observations.

Année 1814.

10 mai. 7h 45m à 8h, la lumière crépusculaire étant très-forte. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 560.87 — 84.75 = 476p.12 = 35″.66. — Diamètre perpendiculaire aux bandes par une moyenne entre 4 mesures, 544.25 — 84.75 = 459p.50 = 35″.38. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{25}$. Le bord de la planète étant tangent au bord supérieur apparent de la bande supérieure (fig. 21, p. 361), on trouve, par une moyenne entre les mesures, 401.12 — 84.75 = 316p.37 = 24″.36 pour la distance *ab*. — 8h 15m à 8h 45m, la nuit étant close. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre quatre mesures, 542.87 — 84.75 = 458p.12 = 35″.28. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre trois mesures, 564.33 — 84.75 = 479p.58 = 36″.93. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{22}$.

12 mai. 8^h. Le bord inférieur apparent de la planète supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente (fig. 21, p. 361), on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 392.80 — 84.75 = 308p.05 pour la distance ab = 23″.72. Le ciel est beau et les bandes se voient assez bien. — $8^h 30^m$ à 9^h. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 541.25 — 84.75 = 456p.50 = 35″.15. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 565.60 — 84.75 = 480p.85 = 37″.03. — Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. Jupiter est un peu baveux.

14 mai. 8^h à $8^h 45^m$. On rend le bord inférieur de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur apparent de la bande supérieure apparente (fig. 21, p. 361), et on trouve, par une moyenne entre 6 mesures, 385.67 — 84.75 = 300p.92 = 23″.17 pour la distance ab. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 540.00 — 84.75 = 455p.25 = 35″.05. Diamètre dans le sens des bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 562.87 — 84.75 = 478p.12 = 36″.82. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{21}$. Les observations sont difficiles, mais bonnes.

18 mai. 8^h à $8^h 45^m$. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 533.20 — 84.75 = 448p.45 = 34″.53. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 554.25 — 84.75 = 469p.50 = 36″.15. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{22}$. On rend le bord inférieur apparent de la planète supérieure tangent au bord supérieur apparent de la bande supérieure apparente de l'autre disque (fig. 21, p. 361) et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 386.90 — 84.75 = 302p.15 = 23″.26 pour la distance ab. — Lorsque le bord inférieur de la planète supérieure touche la bande, le bord supérieur de la seconde image ne touche pas encore la bande inférieure de la première ; par conséquent la bande supérieure est plus près du bord de la planète que la bande inférieure. Celle-ci est d'ailleurs sensiblement moins large que l'autre (apparences). — Le segment qui résulte de la superposition des deux régions polaires de Jupiter n'est pas plus brillant que l'espace équatorial qui est compris entre les deux bandes obscures : d'où il résulte que ce dernier espace est en réalité deux fois plus vif que ceux qui avoisinent les pôles de la planète. — Jupiter se voit assez bien.

20 mai. $7^h 45^m$ à $8^h 15^m$. On rend le bord inférieur de la planète supérieure tangent au bord supérieur de la première bande de la

seconde image, la lunette renversant les objets, et on trouve, par une moyenne entre 5 mesures, 391.60 — 84.75 = 306r.85 = 23″.63 pour la distance ab (fig. 21, p. 361). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 530.50 — 84.75 = 445r.75 = 34″.32.

9 juin. 8h 40m à 9h 30m. On rend le bord inférieur de la planète supérieure, tangent au bord supérieur de la première bande de la deuxième planète, la lunette renversant les objets, et on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 364.37 — 84.75 = 279r.62 = 21″.53 pour la distance ab (fig. 21, p. 361). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 507.50 — 84.75 = 422r.75 = 32″.55. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 535.33 — 84.75 = 450r.58 = 34″.69. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$. Les observations sont difficiles.

13 juin. 8h 30m à 9h 30m. On rend le bord inférieur de la planète supérieure apparente tangent au bord supérieur de la première bande de l'autre image (fig. 21, p. 361), et on trouve, par une moyenne entre 7 mesures, 369.07 — 84.75 = 284r.32 = 21″.89 pour la distance ab. — Lorsque l'index de la lunette prismatique correspond à 428, le segment formé par la superposition des deux disques est plus faible ou au plus égal en intensité à l'espace équatorial compris entre les deux bandes noires; mais lorsque le bord touche la bande supérieure, le segment est plus clair dans toute son étendue que la bande équatoriale. Il résulte de là que, dans un espace assez grand (7″), à partir des pôles de la planète, la lumière qu'elle nous réfléchit est deux fois plus faible que celle qui nous vient des régions qui avoisinent l'équateur. — On rend le bord supérieur apparent de l'image la moins élevée tangent au bord inférieur de la seconde bande de l'autre image (fig. 23, p. 363), et on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 351.00 — 84.75 = 266r.25 = 20″.50 pour la distance ef. — La bande lumineuse équatoriale est plus large que la bande obscure supérieure, et celle-ci, à son tour, est sensiblement plus large que la bande obscure inférieure apparente. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 502.91 — 84.75 = 418r.16 = 32″.20. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 527.67 — 84.75 = 442r.92 = 34″.10. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{18}$. Diamètre incliné aux bandes de 45° de droite à gauche, par une moyenne entre 6 mesures, 515.42 — 84.75 = 430r.67 = 33″.16. — A 8h 30m de temps vrai, j'ai trouvé que le 3e satellite est le plus brillant; que le 1er surpasse un tant soit peu le 2e, et que le 4e est très-sensiblement le

plus faible de tous. La lumière crépusculaire, en affaiblissant tous les satellites, rendait l'observation très-facile. — Pendant toutes ces mesures et observations, Jupiter se voit bien.

14 juin. $8^h\,15^m$ à $9^h\,30^m$. Distance du bord le plus élevé de la bande supérieure au bord inférieur apparent de la planète (fig. 21, p. 361). 360.40 — 84.75 = 276p.65 = 21″.22. — Lorsque l'index est au numéro 417 de l'échelle, le segment lumineux formé par la superposition des régions polaires des deux images est évidemment plus faible que la bande claire de l'équateur; d'où il résulte que dans l'état naturel, la lumière de cette bande est au moins deux fois plus considérable que celle que réfléchissent des points du disque assez éloignés de 6″.5 du pôle. — Distance du bord inférieur de la bande inférieure apparente au bord supérieur apparent de la planète (fig. 23, p. 363), par une moyenne entre 4 mesures, 347.15 — 84.75 = 262p.40 = 20″.20. — Distance du bord inférieur de la bande supérieure apparente au bord supérieur apparent de la planète (fig. 24, p. 364), par une moyenne entre 5 mesures, 290.10 — 84.75 = 205p.35 = 15″.81. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 6 mesures, 501.75 — 84.75 = 417p.00 = 32.″11. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 5 mesures, 524.30 — 84.75 = 439p.55 = 33″.85. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{12}$.

3 juillet. $8^h\,45^m$ à 9^h. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 505.87 — 84.75 = 421p.12 = 32″.43. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 479.62 — 84.75 = 394p.87 = 30″.40. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$.

12 juillet. $8^h\,45^m$. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 469.50 — 84.75 = 384p.75 = 29″.63. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 495.12 — 84.75 = 410p.37 = 31″.60. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$.

Année 1815.

25 mai. $9^h\,30^m$ à $10^h\,30^m$. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 591.62 — 84.75 = 506p.87 = 39″.03. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 562.33 — 84.75 = 477p.58 = 36″.77. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{17}$. Jupiter se voit sans ondulations.

Année 1817.

18 juin. De 15^h à $15^h\,30^m$ de temps sidéral, on ne voyait que deux bandes sur Jupiter ; tout près du bord on les distinguait à peine.

24 juin. A 9^h du soir ($15^h\,10^m$ de temps sidéral), on voyait trois bandes sur Jupiter.

Année 1819.

12 août. Avec la lunette de M. Lerebours et le plus faible prisme de M. Soleil (angle 4′), je voyais les deux images de l'ombre du 3e satellite à peu près tangentes. Parfois on croyait les voir très-légérement séparées. La séparation était un peu plus évidente pour l'ombre la plus voisine du bord, que je suppose être celle du 4e satellite. Les deux images de ce 4e satellite, après la sortie de dessus de Jupiter, ne se touchaient pas. Il en était de même des deux images du 2e et de celles du 3e satellite. Le grossissement employé est celui marqué 134. La séparation produite est de 2″.4.

Année 1820.

3 octobre. Avec la lunette de Lerebours, le grossissement marqué 134, mais qui ne grossit que 100, le prisme extérieur d'environ 4′, les deux images du 3e satellite sont tangentes ou très-peu superposées; celles du 1er et du 2e sont légèrement superposées. (D'après ces mesures, le diamètre du 3e satellite serait à peu près de 2″.4.) Je fais ensuite la mesure en me servant du même prisme et de mon grand oculaire à grossissement variable. Je trouve qu'à 140.5 (8″.0) les images des 4 satellites sont sensiblement séparées. Au point 21.0 (1″.5), les deux images du 2e satellite sont à peu près tangentes, peut-être un peu séparées ; celles des autres légèrement séparées. Le ciel se couvre de vapeurs, et les deux images du 3e satellite me semblent un tant soit peu séparées au même point 21.0 de la lunette mobile. A 64.2 (2″.2), les images du 3e satellite sont séparées.

8 octobre. J'ai cherché aujourd'hui à mesurer l'ombre du 1er satellite de Jupiter sur le corps de la planète, en me servant de notre lunette de Lerebours. Le petit de nos prismes (celui d'environ 4′) donnait deux images de l'ombre qui étaient à peu près tangentes, avec le grossissement numéroté 134, mais qui correspond

seulement à 100 de grossissement réel. (Il en résulte 2″.4 pour le diamètre de l'ombre.) Après cette mesure le ciel s'est couvert. Néanmoins on voyait constamment Jupiter et même ses bandes au travers des nuages; mais les satellites étaient complétement invisibles, si ce n'est de temps à autre et pendant des intervalles fort courts. Cette différence entre la visibilité des objets petits et grands ne tiendrait-elle pas à quelque phénomène d'interférence ?

Année 1835

22 mars. $8^h\ 15^m$ à $8^h\ 45^m$. Le bord inférieur de l'image supérieure apparente est tangent au bord supérieur de la bande supérieure apparente de la seconde image et on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 395.87 — 84.75 = 311p.12 = 23″.96 pour la distance *ab* (fig. 21, p. 361). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 525.33 — 84.75 = 440p.58 = 33″.92. — Le bord supérieur apparent de la planète inférieure apparente est tangent au bord inférieur apparent de la bande supérieure de l'image supérieure apparente et on trouve, par une moyenne entre 2 mesures, 275.25 — 84.75 = 190p.50 = 14″.67 pour la distance *gh* (fig. 24, p. 364). — A 119 — 84.75 = 34p.25 = 2″.63, les satellites sont sensiblement doublés; à 115 — 84.75 = 30p.25 = 2″.32, les images ne sont pas encore parfaitement superposées. — Pendant ces observations le ciel est assez pur.

23 mars. $7^h\ 45^m$ à $8^h\ 15^m$. On rend le bord inférieur du disque supérieur apparent tangent au bord supérieur apparent de la bande supérieure apparente du second disque et on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 390.83 — 84.75 = 316p.08 = 24″.34 pour la distance *ab* (fig. 21, p. 361). — Observation de la tangence du second bord de la même bande et du bord supérieur apparent du disque inférieur (fig. 24, p. 364), par une moyenne entre 4 mesures, 276.75 — 84.75 = 192p.00 = 14″.78. — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 528.67 — 84.75 = 443p.92 = 34″.18. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 560.00 — 84.75 = 475p.25 = 36″.59. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{15}$. — A 134 — 84.75 = 49p.25 = 3″.79, toutes les images des satellites sont séparées; à 113 — 84.75 = 28p.25 = 2″.17, les deux images se touchent, mais on les voit distinctement. De 83 à 87 les images me paraissent près de leur minimum de largeur, et à 105 elles paraissent déjà élargies.

25 mars. 7h 15m à 8h. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 554.17 — 84.75 = 469p.42 = 36".14. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 525.50 — 84.75 = 440p.75 = 33".94. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$. — Le bord inférieur de la planète supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande de la seconde image, on trouve, par une moyenne entre 5 mesures. 395.00 — 84.75 = 310p.25 = 23".89 pour la distance *ab* (fig. 21, p. 361). — Le bord supérieur de l'image inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande de l'image supérieure, on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 281.62 — 84.75 = 196p.87 = 15".16 pour la distance *gh* (fig. 24, p. 364). — Les images sont un peu diffuses.

29 mars. On ne voit, comme tous ces jours derniers, qu'une seule bande. — Le bord supérieure de l'image inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande de l'image supérieure, on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 272.00 — 84.75 = 187p.25 = 14".42 pour la distance *gh* (fig. 24, p. 364). — Le bord inférieur de l'image supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande de l'image inférieure, on trouve, par une moyenne entre 6 mesures, 391.33 — 84.75 = 306p.58 = 23".61 pour la distance *ab* (fig. 21, p. 361). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 4 mesures, 520.50 — 84.75 = 435p.75 = 33".55. — Lorsqu'on amène les deux disques à se couvrir de manière que le segment commun ait une largeur moitié de l'intervalle compris entre le pôle et la bande, l'intensité de ce segment est plus faible que celle des régions équatoriales de la planète. — A 105 — 84.75 = 20p.25 = 1".56, les satellites paraissent doubles. Les circonstances pendant lesquelles sont faites les observations sont défavorables.

Année 1837.

5 février. 9h. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 673.67 — 84.75 = 588p.92 = 45".35. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 2 mesures. 643.00 — 84.75 = 558p.25 = 42".98. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{19}$. On rend le bord inférieur apparent de l'image supérieure tangent au bord supérieur apparent de la bande de l'image inférieure, et on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 440.17 — 84.75 = 355p.42 = 27".37 pour la distance *ab* (fig. 21, p. 361). On rend le bord supé-

rieur de l'image inférieure apparente tangent au bord inférieur apparent de la bande et on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 349.88 — 84.75 = 265p.13 = 20''.41 pour la distance *ef* (fig. 23, p. 363).

Année 1842.

14 septembre. $7^h 15^m$ à $7^h 45^m$. Le bord inférieur de l'image supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande inférieure, on trouve, par une moyenne entre 4 mesures, 306.12 — 84 75 = 221p.37 = 17''.04 pour la distance *cd* (fig. 22, p. 362). Le bord supérieur de l'image inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande inférieure on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 439.67 — 84.75 = 354p.92 = 27''.33 pour la distance *ef* (fig. 23, p. 363). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 602.33 — 84.75 = 517p.58 = 39''.62. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 626.00 — 84.75 = 541p.25 = 41.68. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{20}$. — Les images ont toujours été très-ondulantes.

15 septembre. $7^h 30^m$ à 8^h. Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 593.33 — 84.75 = 508p.58 = 39''.16. — Le bord supérieur de l'image inférieure apparente étant tangent au bord inférieur de la bande inférieure de l'autre image, on trouve, par une moyenne entre 2 mesures, 434.50 — 84.75 = 349p.75 = 26''.93 pour la distance *ef* (fig. 23, p. 363). Le bord inférieur de l'image supérieure apparente étant tangent au bord supérieur de la bande inférieure de l'autre image, on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 295.33 — 84.75 = 210p.58 = 16''.21 pour la distance *cd* (fig. 22, p. 362). — Emploi du fort grossissement. Jupiter est ondulant.

16 septembre. 7^h à 8^h. Le bord inférieur de l'image supérieure étant tangent au bord supérieur de la bande inférieure, on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 298.33 — 84.75 = 213p.58 = 16''.44 pour la distance *cd* (fig. 22, p. 362). Le bord supérieur de l'image inférieure étant tangent au bord inférieur de la bande inférieure, on trouve, par une moyenne entre 3 mesures, 424.67 — 84.75 = 339p.92 = 26''.17 pour la distance *ef* (fig. 23, p. 363). — Diamètre perpendiculaire aux bandes, par une moyenne entre 3 mesures, 594.33 — 84.75 = 509p.58 = 39''.24. Diamètre parallèle aux bandes, par une moyenne entre 2 mesures, 615.00 — 84.75 =

$530^{p}.25 = 40''.83$. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{25}$. Jupiter est très-ondulant. La bande a aujourd'hui des inégalités sensibles. — La bande mesurée est l'inférieure apparente des deux bandes centrales ordinaires. La deuxième de ces bandes, la supérieure apparente, est plus visible aujourd'hui que la bande comprise entre celle-là et le pôle. Hier et avant hier, on observait le contraire. Entre la troisième bande et le pôle, la teinte est jaunâtre comme celle des bandes.

MESURES

DE SATURNE ET DE SON ANNEAU

J'ai extrait du registre manuscrit de Picard les mesures suivantes du grand diamètre et du plus petit diamètre de Saturne, ainsi que quelques observations sur l'aspect de cette planète :

Le 4 avril 1666, 49″ et 21″; le grand diamètre était horizontal 50^m après son passage au méridien ;

Le 30 juillet	1666,	50″	et 18″,
12 octobre	—	45	et 16
16 novembre	—	42	et 16
17 novembre	—	41	et 16
26 novembre	—	40	et 16
Le 5 juillet	1667,	52	et 21

Le 16 juillet 1667, 53″ et 21″; le grand diamètre était horizontal 54^m après son passage au méridien ; l'inclinaison était donc de 9° 15′. Le bord septentrional vrai du globe débordait un peu l'anneau ; l'autre bord paraissait comme retranché.

Le 17 août 1668, le bord débordait manifestement des deux côtés de l'anneau ; le grand diamètre était horizontal 52^m de temps après le passage au méridien, d'où on tire 8° 39′ pour son inclinaison. L'inclinaison de l'anneau parut ce jour-là à Picard et à Huygens de 31°. Huygens avait trouvé anciennement 23° 30′ (*Systema Saturnium*).

Le 27 juin 1670, Saturne parut avec deux pointes fort menues.

En 1671, depuis la première apparition de Saturne jusqu'au 20 juillet, il parut parfaitement rond ; on ne voyait pas même de bande noire en travers.

D'après Cassini (*Académie des sciences*, t. x, p. 582), l'anneau de Saturne parut en 1675 divisé en deux parties égales par une bande obscure. La partie intérieure était fort claire, l'extérieure un peu obscure. La différence des deux teintes est comparée par Cassini à celle que présentent l'argent mat et l'argent bruni. Par suite, dans les disparitions de l'anneau le bord extérieur doit s'évanouir plus tôt que la partie qui avoisine le disque de Saturne. Dans l'année 1671 le disque de la planète débordait l'anneau au septentrion et au midi; ceci dura jusqu'à l'immersion de Saturne dans les rayons du Soleil, en 1676; mais après son émersion dans l'été de l'année 1677, le petit diamètre de l'anneau excédait celui de la planète. Ces observations peuvent servir pour calculer l'inclinaison de l'anneau. (Voir *Astronomie populaire*, liv. XXIX, t. IV, p. 444.)

D'après Hévélius, en août 1675, la planète débordait l'anneau. (*Transactions philosophiques*, 1675, p. 661.)

Les observations de Dominique Cassini, extraites des registres de l'Observatoire, donnent les résultats suivants:

Le 11 mars 1690, le disque de Saturne déborde tant soit peu l'anneau;

Le 14 avril, le bord extérieur de l'anneau touche exactement le bord de Saturne;

Le 14 mai, le disque de Saturne déborde l'anneau;

Le 18 janvier 1691, le disque de Saturne paraît égal au petit axe de l'anneau.

Le Mémoire d'Herschel, publié dans les *Transactions philosophiques* pour 1790, p. 17, donne les mesures suivantes exécutées le 14 septembre 1789 avec un télescope de 12 mètres et un micromètre à fils :

	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
	21″.94	20″.57
	23 .11	20 .10
	21 .73	21 .16
	22 .85	″
Moyennes....	22″.81	20″.61

Herschel donne, dans les *Transactions philosophiques* pour 1792, les sept mesures suivantes faites avec le télescope de 6 mètres :

54″.11
52 .54
52 .87
54 .68
52 .90
53 .04
53 .41

d'où il résulte 46″.832 pour le diamètre de l'anneau à la moyenne distance de la planète à la Terre.

Avec le télescope de 12 mètres, cinq mesures lui ont donné :

53″.91
53 .26
50 .63
50 .04
50 .81

d'où il résulte 46″.522 pour le diamètre ramené à la moyenne distance.

Le diamètre définitif de l'anneau serait, d'après la moyenne, 46″.63.

En 1791 la face de l'anneau qu'on voyait était opposée à celle qu'on apercevait en 1790. La bande obscure pa-

raissait avoir la même place à ces deux époques. De là Herschel conclut qu'il y a une séparation réelle entre les deux portions de l'anneau. L'illustre astronome donne les rapports suivants entre les divers éléments de l'astre : diamètre de l'anneau intérieur, 5,900 parties du micromètre ; diamètre extérieur de ce même anneau, 7,510 ; petit diamètre du grand anneau, 7,740 ; diamètre extérieur de ce dernier anneau, 8,300 ; largeur de l'anneau intérieur, 805 ; largeur de l'anneau extérieur, 280 ; largeur de l'espace vide, 115.

Dans les *Transactions* pour 1806, p. 455, Herschel dit que le diamètre de Saturne qui coupe l'équateur sous 45° paraissait plus grand que le diamètre équatorial ; selon l'astronome de Slough, Jupiter est ellipsoïde et Saturne sphéroïde. La largeur de l'anneau est à l'espace vide comme 5 est à 4.

Herschel reconnut que la lumière de Saturne est en intensité fort au-dessous de celle de l'anneau. Il lui trouvait aussi une teinte jaunâtre que la lumière de l'anneau n'avait pas.

Dans les Mémoires de l'astronome de Slough je vois une remarque qui n'a pas été assez suivie, et on doit le regretter, car elle semble de nature à jeter quelques lumières sur la constitution physique de Saturne. Cette remarque, la voici : « L'ombre de l'anneau sur la planète n'est pas parallèle à l'anneau : à ses deux extrémités elle paraît plus large que dans le milieu. » La différence peut-elle se concilier, en quantité, avec les lois de la perspective ?

En juin 1807, Herschel crut apercevoir que le pôle

sud de Saturne et le pôle nord n'étaient pas pareils. Les rayons lumineux venant du pôle sud ne pouvaient arriver à la Terre qu'en rasant le bord de l'anneau, car il était par devant. Les rayons venant de l'autre pôle arrivaient sans rien rencontrer sur leur route, puisque de ce côté l'anneau était par derrière. Les rayons rasant l'anneau semblaient d'ailleurs déviés comme par une réfraction : or, en pareille circonstance, une réfraction supposait le passage à travers un milieu gazeux. Tel était l'enchaînement de déductions à l'aide duquel Herschel crut pouvoir doter l'anneau d'une atmosphère.

Herschel trouva que le cinquième satellite de Saturne est dans tout son éclat après le passage par la conjonction inférieure et pendant qu'il se meut entre les 68e et 129e degrés de l'orbite; les degrés étant comptés à partir de cette conjonction. Dans cet intervalle il est à peine moins brillant que le quatrième satellite.

Depuis 7° après l'opposition jusque vers la conjonction inférieure, au contraire, ce satellite est moins brillant que le troisième; il ne surpasse même le deuxième, voire le premier, que très-rarement. Ces changements du cinquième satellite peuvent être assimilés à ceux qu'éprouverait une étoile qui pour l'œil nu passerait de la deuxième à la cinquième grandeur. Herschel les a vus se succéder régulièrement pendant plus de dix révolutions consécutives, et il a tiré de là cette conséquence très-légitime que le satellite montre toujours la même face à la planète. Pour être juste, nous devons ajouter que Cassini avait déjà vu, en 1705, que le cinquième satellite disparaissait quand il était à l'est de la planète. Il est vrai qu'en sep-

tembre 1705 ce satellite se voyait aussi bien à l'est qu'à l'ouest. Cela n'empêcha pas que pour expliquer les premières observations, il ne fallût admettre, avec l'académicien de Paris, un mouvement de rotation du satellite sur lui-même, d'une durée précisément égale à celle de sa révolution autour de Saturne. La conséquence n'aurait été inadmissible que si le satellite avait acquis successivement son maximum d'intensité dans divers points de l'orbite; sa réapparition à l'est, dans quelques cas rares, était seulement l'indice de changements physiques.

Dans les observations d'Herschel sur la figure de Saturne données dans les *Transactions* pour 1808, on trouve que les régions méridionales de la planète sont plus protubérantes que les septentrionales. A cet égard il faut remarquer que les rayons qui viennent à l'œil de la très-petite partie du globe qui fait saillie au sud, passent à une petite distance de l'anneau, tandis que rien ne peut détourner les rayons qui partent du nord. La plus grande élévation du segment visible était de 1″.3 environ. On devra rapprocher cette observation de la remarque que Picard a faite le 16 juillet 1667 (Voir plus haut, p. 390).

J'extrais des archives de Kœnigsberg les nombres suivants, qui expriment, d'après divers observateurs, les grandeurs de Saturne :

Observateurs.	Anneau.	Diamètre équatorial.	Diamètre polaire.
Kœhler.......	37″.39	16″.53	15″.06
Pound........	42 .00	18 .00	〃
Rochon.......	40 .60	16 .90	〃
Usher........	〃	18 .12	15 .85
Herschel.....	46 .68	22 .81	20 .56
Zach.........	35 .04	13 .10	〃
Bugge........	〃	11 .29	7 .63

Les observations faites par Bessel, en 1806, donnent pour le grand diamètre de l'anneau réduit à la distance moyenne de Saturne à la Terre :

42″.78 avec un télescope de.....	4ᵐ.5
42 .25 avec un télescope de.....	1 .5
41 .39 avec un autre télescope de	4 .5

Des mesures faites en 1811 par le même astronome donnent

	Grand diamètre de l'anneau.	Petit axe.	Nombre d'observations.
14 mai.....	39″.66	17″.91	4
18 —	39 .87	17 .97	4
21 —	39 .62	18 .00	2
22 —	40 .50	18 .47	1
5 juin.....	39 .71	17 .63	2
8 —	40 .50	19 .18	2
11 —	40 .85	18 .72	2

La moyenne de ces mesures de Bessel, réduite à la distance moyenne de Saturne à la Terre, donne pour le grand diamètre de l'anneau 38″.27.

Telles sont les observations et les mesures qui ont précédé celles que j'ai faites sur Saturne et que j'ai chargé M. Barral de relever sur mes registres en exécutant les calculs de réduction nécessaires. On trouvera dans l'*Astronomie populaire* (liv. XXIX, t. IV, p. 431 à 476) les nombres qui ont été obtenus depuis cette époque par d'autres astronomes.

J'ai communiqué en plusieurs circonstances au monde savant quelques-uns des résultats auxquels j'étais parvenu. Laplace cite mes mesures dans le chapitre VIII de l'*Exposition du système du monde*. Le procès-verbal de la séance du Bureau des longitudes du 13 juillet 1814

constate que j'ai donné une détermination de l'aplatissement de la planète ; celui du 8 mai 1833, que j'ai fait connaître la disparition de l'anneau constatée au commencement de ce mois. Le compte rendu de la séance de l'Académie des sciences du 26 septembre 1842 contient la note suivante sur les positions relatives du centre de Saturne et du centre de l'anneau :

« M. Arago a entretenu verbalement l'Académie des observations qu'il vient de faire, avec le concours de ses collaborateurs habituels, sur la position du centre de Saturne relativement au centre de l'anneau. Voici les observations textuelles :

« Le 14 septembre 1842, à $7^h 30^m$, la planète est sensiblement plus rapprochée de l'anneau à l'occident qu'à l'orient ; la différence des deux distances a paru être de 8 à 9 dixièmes de seconde.

« Le 15, à $7^h 30^m$, l'excentricité existe dans le même sens que le 14 ; elle semble cependant avoir diminué de grandeur.

« Le 16, à $7^h 30^m$, l'excentricité a encore diminué depuis le 15.

« Le 17, à $7^h 30^m$, l'excentricité s'aperçoit encore, mais elle est extrêmement petite. Si les deux espaces sombres avaient été aussi peu inégaux le 14 qu'ils le sont aujourd'hui, on ne se serait certainement pas aperçu de la différence.

« M. Arago annonce que ces observations seront poursuivies non plus à l'avenir par de simples évaluations, mais à l'aide de mesures micrométriques précises. Il rappelle, au surplus, que ce genre d'excentricité de

Saturne avait été remarqué, le 17 décembre 1826, par M. Schwabe, de Dessau ; que M. Struve en détermina la valeur en mars et avril 1828 ; que l'astronome de Dessau est revenu sur cet objet dans un Mémoire détaillé, inséré au n° 433 des *Astronomische Nachrichten* de M. Schumacher, et qu'enfin, chose singulière, les anciennes comme les nouvelles observations ont toujours montré la planète à l'occident du centre de l'anneau.

« M. Arago aurait pu dire que M. Schwabe lui-même avait été précédé dans l'observation de l'excentricité du globe de Saturne par un astronome français, Gallet. Ce chanoine d'Avignon disait en effet (voir le *Journal des savants*, 1684, p. 198 : « Quelquefois le corps de Saturne a esté vu n'estre pas parfaitement au milieu de l'anneau. » L'auteur explique ensuite (sauf les quantités dont il ne dit pas un mot) pourquoi cela doit toujours arriver dans les quadratures par un effet des phases de la planète.

« M. Arago présente les feuilles originales de ses observations sur lesquelles il avait noté, le 13 juin 1814, le 7 octobre de la même année et le 31 janvier 1824, que Saturne était excentrique par rapport à l'anneau, dans le sens du petit diamètre. On a vu que les observations de MM. Schwabe et Struve, que les observations récentes de Paris sont relatives à une excentricité parallèle au grand diamètre de l'anneau.

« En cherchant les éléments d'une histoire impartiale de ce petit coin du monde planétaire, M. Arago a trouvé que la découverte de l'excentricité de Saturne, du moins dans le sens du petit diamètre de l'anneau, doit être

attribuée à Picard. Voici, en effet, ce qu'on lit dans l'*Histoire céleste* de Lemonnier, imprimée en 1741, p. 25, comme un extrait des registres du célèbre auteur de la mesure de la Terre : « Le 5 juillet 1667, le bord septentrional de Saturne paraît déborder un peu le bord de l'anneau ; l'autre bord paraît comme retranché. » La figure dont cette Note est accompagnée montre bien que, dans la lunette de Picard renversant les objets, c'était bien au bord inférieur apparent, c'est-à-dire au bord supérieur réel, que la planète débordait l'anneau.

« Dans l'observation de M. Arago du 31 janvier 1824, ce n'était plus, comme en 1667, le bord inférieur apparent qui débordait l'anneau, c'était le bord supérieur. C'était aussi le bord supérieur apparent, et ce bord seul, qu'on entrevoyait le 7 octobre 1814.

« Le 13 juin de la même année 1814, M. Arago écrivait dans son recueil d'observations : « A 3 heures du matin, après un examen très-attentif de Saturne effectué avec une excellente lunette de Lerebours, armée successivement de grossissements de 150, de 190 et de 400 fois, j'ai reconnu que Saturne déborde l'anneau dans le haut et dans le bas. Dans le bas (apparent), la protubérance formée par le globe de la planète est évidente. Dans le haut (apparent), la protubérance s'aperçoit à peine. »

« Afin qu'on ne soit pas tenté de chercher l'explication de ces diverses excentricités, soit dans la diffraction, soit dans une réfraction que les rayons lumineux éprouveraient en traversant l'atmosphère dont Herschel supposait que l'anneau est entouré, M. Arago a fait remarquer qu'à la date du 31 janvier 1824, par exemple, lorsque la pla-

nète ne débordait qu'au bord supérieur apparent, l'anneau dans cette région était réellement derrière la planète, en sorte que les rayons partant du pôle supérieur apparent du globe nous arrivaient sans avoir rien trouvé sur leur route qui eût pu les dévier.

« Dans la discussion définitive de toutes ces observations, il sera évidemment nécessaire d'avoir égard aux effets de la parallaxe annuelle et de la déclinaison de Saturne. Les phases de cette planète, si petites qu'elles soient, devront être mises en ligne de compte, ne serait-ce que pour montrer qu'on chercherait vainement dans le jeu de ces phases l'explication complète des phénomènes observés. »

Dans la séance de l'Académie des sciences du 10 octobre 1842, j'ai donné connaissance de l'extrait d'une Note de M. de Vico, suggérée à l'astronome de l'Observatoire du collége romain par la communication précédente. Les premières observations régulières des astronomes du collége romain datent du 29 mai 1828; elles avaient pour objet principal la constitution physique de la planète et de son anneau, le nombre et la nature de leurs bandes, la parfaite visibilité et la révolution des deux satellites les plus rapprochés, l'excentricité relative de la planète et de l'anneau dans le sens de l'équateur et les variations de cette excentricité et leurs lois encore inconnues. Parmi les faits signalés par M. de Vico se trouvait celui-ci :

« Le sixième et le septième satellite, découverts par Herschel le 28 août et le 17 septembre 1789, ont été vus pour la première fois à Rome en 1838. Voici comment. Pendant que l'on regardait l'anneau avec un micromètre

formé de lames très-minces et avec un très-fort grossissement, il arriva que la planète fut cachée sous les lames; au même moment les deux satellites apparurent. Depuis cette époque, on ne les a jamais perdus de vue, et l'on a pu, à l'aide d'observations convenables, déterminer le temps de leur rotation. Il reste encore quelque correction à faire à la valeur de ce temps tel qu'il a été donné dans le Mémoire de 1838. Nous avons été témoin, à ce sujet, d'un phénomène remarquable : sans l'aide des lamelles aucun observateur n'avait pu voir, avec la lunette de Cauchoix, ces deux satellites; mais à peine avaient-ils été vus avec ce secours, que plusieurs observateurs purent retrouver à volonté le sixième satellite dès que, par le calcul, ils connaissaient sa position. Un grossissement de 150 à 200 fois est pour cela plus que suffisant. D'autres, au contraire, ne purent jamais arriver à voir ce satellite sans recourir à l'occultation artificielle de la planète. Il faut dire la même chose du septième satellite quand il est au maximum d'élongation, pourvu que le ciel soit assez pur et le grossissement de 300 fois au moins. Il est rare qu'on l'aperçoive dans d'autres positions sans le secours du micromètre occultant. »

Le compte rendu de la séance de l'Académie, à la suite de la Note de M. Vico, a publié les remarques suivantes :

« Après avoir analysé verbalement les recherches de M. de Vico et de ses collaborateurs; après avoir fait ressortir particulièrement les avantages qui résulteront de la précieuse méthode donnée par les astronomes romains pour observer les satellites de Saturne avec des in-

struments d'une puissance modérée, M. Arago s'est demandé quelle cause physique pourrait conduire à l'explication de ces phénomènes de visibilité. Il pense que la cornée, soit à cause de sa teinte spéciale, soit à raison des stries qui la sillonnent, disperse dans tous les sens une portion notable de la lumière qu'elle transmet, comme le ferait un verre légèrement dépoli. Si un astre éclatant se trouve dans le champ de la vision, la rétine ne peut donc manquer d'être fortement éclairée dans tous ses points. Dès lors, les autres astres ne sauraient devenir visibles qu'en prédominant sur cette lumière diffuse.

« Ceci posé, lorsque dans les observations de Rome la plaque opaque focale couvrait Saturne, la rétine de l'astronome cessait d'être illuminée par voie de dispersion, les sixième et septième satellites se peignaient sur des fibres nerveuses placées dans une obscurité à peu près complète et produisaient un effet sensible. Saturne venait-il, au contraire, à se montrer, toute la rétine s'éclairait, surtout près de l'image de la planète. Les images des deux faibles satellites étaient dès lors noyées dans cette lumière générale et n'ajoutaient pas assez à son intensité pour que l'organe le plus délicat parvînt à saisir quelque différence entre les points où elles se peignaient et les points voisins. »

L'œil étant influencé diversement par la lumière, peut-il en résulter des sensations susceptibles de nous faire prendre des illusions pour des réalités? C'est une question qui mérite d'être examinée. J'ai exposé quelques considérations sur ce sujet dans une séance du Bureau des longitudes (1er juillet 1840), à la suite d'une discus-

sion soulevée par M. Biot; le procès-verbal de la séance contient ces lignes :

« L'œil se fatigue-t-il ou non dans les points de la rétine où les phénomènes de diffraction produisent des bandes noires? Pour résoudre cette question, M. Arago s'est rappelé d'anciennes expériences qu'il avait faites. Quand la lumière est un peu vive, l'œil conserve après qu'il est fermé l'impression des images qu'il avait reçues. Tout se réduit donc à produire un phénomène de diffraction avec une lumière très-intense. Or la réflexion du Soleil sur une boule donne une image semblable à une étoile, mais infiniment plus vive. Qu'on regarde cette image avec une lunette dont l'objectif est rétréci par un bouchon percé et on aura une image circulaire dilatée et bien terminée; en enfonçant convenablement l'oculaire, on fera naître au centre de cette image dilatée un cercle noir : il est facile de vérifier si l'œil conserve l'impression de cette image et du cercle noir central. Si, comme l'a observé M. Arago, le cercle noir central persiste, une fois l'œil fermé et sans qu'on l'ait pressé, l'œil ne s'est pas fatigué dans ce point. Ajoutons que l'on ne pourrait pas employer une étoile qui se déplacerait sur la rétine; l'image réfléchie du Soleil sur la boule ne se déplace pas. »

Avant l'exécution des premières lunettes, des premiers télescopes, tout le monde avait eu l'occasion de remarquer combien certaines lentilles, certains miroirs déforment les objets. Était-il donc tellement évident que les déformations de ce genre ne pourraient jamais résulter de l'emploi des lentilles et des miroirs télescopiques, pour

qu'on doive s'étonner de voir qu'à l'origine des hommes de mérite aient éprouvé quelque répugnance à se fier aux nouveaux instruments?

Si des formes nous passons aux grandeurs, les doutes deviennent plus légitimes encore. Un point sans dimensions sensibles, vu à l'aide d'un instrument d'optique, ne paraît vraiment un point qu'à la condition expresse et très-délicate que tous les rayons lumineux qui en émanent, et dont l'instrument se saisit, vont se concentrer sur la rétine en un point de dimensions également inappréciables; qu'à la condition d'un anéantissement à peu près complet des défauts relatifs de convergence mathématique, connus des opticiens sous le nom d'aberration de sphéricité et de réfrangibilité.

Ce n'est pas tout. Rien ne prouve *à priori* qu'une impression lumineuse ne peut pas se communiquer par voie d'ébranlement d'un point de la rétine aux points voisins; qu'il ne saurait résulter de là un élargissement physiologique de l'image.

Hévélius assure qu'il peut toujours dépouiller les étoiles de leurs rayons, et leur voir un petit disque bien terminé: son moyen est de diminuer l'ouverture par des cercles de carton. Il dit avoir reconnu de cette manière qu'Arcturus est plus grand qu'Aldébaran et qu'Aldébaran est un peu plus grand que le Cœur du Lion. Il ajoute qu'il s'en faut de beaucoup que Sirius soit trois fois plus grand qu'Aldébaran comme on le conclurait d'observations faites à la vue simple. Vénus, dépouillée par le même moyen de sa couronne lumineuse, a cessé de lui paraître plus grande que Jupiter.

Simon Marius, dans son *Mundus Jovialis*, consigne aussi cette remarque importante :

« Autre chose également remarquable que j'ai vue seulement depuis mon retour de Ratisbonne où je m'étais procuré un instrument avec lequel je vois un disque rond non-seulement aux planètes, mais aux étoiles les plus belles, surtout à Procyon, aux luisantes d'Orion, au Lion, aux étoiles de la grande Ourse, ce que jamais encore je n'avais aperçu. Je m'étonne que Galilée, dont la lunette était si bonne, n'ait jamais rien vu de pareil. » (Delambre. *Astronomie moderne*, t. I, p. 697.)

Je consignerai ici une anecdote singulière, qui n'est pas sans liaison avec ce qui précède.

L'un des personnages les plus fameux de la cour de Napoléon vint un jour à l'Observatoire avec sa famille pour observer, disait-il, les astres. Sa visite n'avait pas été annoncée ; j'étais occupé, au moment de son arrivée, dans une des salles du second étage, à la mesure du diamètre de Saturne avec une lunette prismatique de Rochon. J'offris au général ministre de le conduire dans nos cabinets, où nous trouverions de plus grandes lunettes. — Non, me dit-il, je veux m'instruire de ce que vous faisiez.

J'eus un vague pressentiment de ce qui allait arriver, mais je fus forcé de céder. Le général mit l'œil à la lunette et vit les deux images que fournissait le prisme de cristal de roche intérieur.

J'essayai d'exciter son admiration sur la forme singulière de la planète. — Ce qui me paraît le plus étrange, me dit-il, c'est que Saturne se compose de deux corps parfaitement semblables, tangents l'un à l'autre.

Je m'efforçai de lui expliquer qu'il n'y avait qu'une planète et qu'un anneau, et que le dédoublement était produit par un prisme intérieur. — Bah! me répondit-il, puisque vous avez le moyen de faire paraître double ce qui est simple, votre lunette peut bien produire une apparence d'anneau là où une pareille structure n'existe pas.

J'offris vainement de montrer qu'avec la même lunette dirigée sur Jupiter, on verrait deux disques ronds sans aucune apparence d'anneau. Rien n'y fit, et le fameux général quitta l'Observatoire persuadé que l'anneau de Saturne était une pure illusion, un fantôme engendré par nos télescopes.

Année 1810.

30 mai. Diamètre de l'anneau, par une moyenne entre deux mesures, 630.75 — 84.75 = 546p.00 = 42″.04. Emploi du fort grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 623.75 — 84.75 = 539p.00 = 41″.50. Emploi du moyen grossissement.

31 mai. 11h 30m à minuit. Diamètre de l'anneau, par une moyenne entre deux mesures. 631.00 — 84.75 = 646p.25 = 42″.06. Emploi du moyen grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 622.25 — 84.75 = 537p.50 = 41″.39. Diamètre perpendiculaire à l'anneau, 355.00 — 84.75 = 270p.25 = 20″.91. Emploi du fort grossissement. — Saturne est un peu baveux à cause des vapeurs atmosphériques.

4 juin. 11h 30m à 11h 45m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 619.67 — 84.75 = 534p.92 = 41″.19. Emploi du fort grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre six mesures, 620.17 — 84.75 = 535p.42 = 41″.23. Emploi du moyen grossissement.

28 juin. 10h à 10h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 607.86 — 84.75 = 523p.11 = 40′.28. Emploi du moyen grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre cinq mesures, 605.60 — 84.75 = 520p.85 = 40″.10.

Emploi du fort grossissement. — Diamètre perpendiculaire au grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre 7 mesures, 320.57 — 84.75 = 235p.82 = 18″.16. — On voit bien Saturne, mais le ciel doit être un peu vaporeux, car les étoiles ne brillent pas ; le temps est calme.

6 juillet. $10^h\ 45^m$ à $11^h\ 30^m$. Diamètre perpendiculaire au grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 315.70 — 84.75 = 230p.95 = 17″.68. — Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre 8 mesures, 603.63 — 84.75 = 518p.88 = 39″.95. Emploi du fort grossissement. Les deux bords de l'anneau se mordent et se séparent successivement par l'effet des ondulations qui sont très-sensibles. Le temps est calme et le ciel est assez beau.

21 juillet. $11^h\ 30^m$ à minuit. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 592.67 — 84.75 = 507p.92 = 39″.41. Emploi du fort grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre cinq mesures, 599.88 — 84.75 = 515p.13 = 39″.66. Emploi du faible grossissement. — Saturne est un peu baveux.

23 juillet. 11^h à $11^h\ 45^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 596.00 — 84.75 = 511p.25 = 39″.37. Emploi du moyen grossissement. — Même diamètre, par une moyenne entre sept mesures, 592.86 — 84.75 = 508p.11 = 39″.12. Emploi du fort grossissement. — Le ciel est beau et le temps est calme, mais Saturne est bas et par suite un peu baveux.

24 juillet. $9^h\ 45^m$ à $10^h\ 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre 12 mesures, 592.50 — 84.75 = 507p.75 = 39″.10. Emploi du fort grossissement. — Petit diamètre de l'anneau, neuf mesures : 311.5, 314.3, 315.5 (B), 309.3, 312.0 (C), 312.7, 308.0, 314.5, 310.5, dont la moyenne donne 312.03 — 84.75 = 227p.28 = 17″.50. Pour m'assurer que plusieurs personnes jugent la coïncidence des deux images de la même manière, j'ai prié MM. Bouvard et Cauchoix de faire chacun une observation ; la troisième est de M. Bouvard ; la cinquième est de M. Cauchoix ; toutes les autres sont de moi. — Le temps est calme, le ciel est beau, et Saturne est assez bien terminé.

30 juillet. 9^h à $9^h\ 45^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 589.08 — 84.75 = 504p.33 = 38″.83. Saturne était un peu baveux pendant les premières observations ; il était ensuite bien terminé ; il avait plu dans la soirée. Emploi du fort grossissement. — 10^h à $10^h\ 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 310.94 — 84.75 = 226p.19 = 17″.42.

2 août. $8^h\ 45^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne

entre quatre mesures. 587.00 — 84.75 = 502p.25 = 38″.75. Emploi du moyen grossissement. Les vapeurs sont devenues si épaisses après ces observations qu'il n'a pas été possible de les continuer.

8 août. 9h à 9h 15m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 581.83 — 84.75 = 497p.08 = 38″.27. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 305.00 — 84.75 = 220p.25 = 16″.96. Emploi du fort grossissement. Saturne est un peu baveux ; le ciel est chargé de vapeurs et les nuages finissent par empêcher les observations.

28 août. 8h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 564.50 — 84.75 = 479p.75 = 36″.94. Emploi du fort grossissement. Les deux bords de Saturne se mordent et se séparent successivement par l'effet des ondulations. La planète est au reste assez bien terminée.

29 août. 8h 45m à 9h 15m. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre dix mesures, 299.20 — 84.75 = 214p.45 = 16″.51. Emploi du fort grossissement. Le ciel est un peu vaporeux, mais Saturne est passablement bien terminé. — Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 566.00 — 84.75 = 481p.25 = 37″.06. Les observations deviennent à la fin difficiles, parce que Saturne est près de l'horizon et baveux.

20 septembre. 7h à 7h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 546.50 — 84.75 = 461p.75 = 35″.35. Emploi du fort grossissement. Le ciel est vaporeux. Saturne est bas et faible.

28 septembre. 7h 15m à 7h 45m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 539.33 — 84.75 = 654p.58 = 35″.00. Emploi du fort grossissement. Le temps est calme, le ciel est beau ; mais l'horizon est brumeux, et Saturne est mal terminé, parce qu'il est très-bas.

Année 1811.

12 juin. 11h 15m à 11h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 618.40 — 84.75 = 533p.65 = 41″.09. Saturne est baveux.

25 juin. 10h 45m à la fin des observations. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 613.30 — 84.75 = 528.55 = 40″.70. — A 491, le bord de l'anneau de la première image pénètre le vide du dernier anneau ; dans une seconde épreuve, il m'a semblé que la pénétration avait lieu à 503. Je crois de plus qu'à 540 les anneaux ne le dépassent pas. (Le grand diamètre in-

térieur de l'anneau serait 497.00 — 84.75 = 412p.25 = 31''.74. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 327.50 — 84.75 = 242p.75 — 18''.69. Saturne est un peu ondulant.

18 juin. 9h 30m à 10h 15m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre huit mesures, 611.31 — 84.75 = 526p.56 = 40''.54. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 326.75 — 84.75 = 242p.00 = 18''.63. Au commencement des observations, Saturne est un peu diffus; à la fin, il est assez bien terminé.

29 juillet. En examinant Saturne avec la grande lunette de Caroché armée d'un grossissement de 400 fois, j'ai aperçu très-distinctement une différence d'intensité sensible entre la lumière du disque de la planète et celle de l'anneau : la lumière de celui-ci est à la fois plus vive et plus blanche. La force dispersive de l'atmosphère occasionnait des bandes colorées très-apparentes sur les deux bords opposés de l'anneau. Le bord supérieur apparent de l'anneau était rouge; l'inférieur apparent légèrement bleuâtre. J'ai répété ces observations, quelques jours après, avec MM. Bouvard, Mathieu et Caroché, qui ont aperçu, comme moi, et la différence d'intensité et les traces de la force dispersive.

10 septembre. 7h 15m à 7h 45m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 560.36 — 84.75 = 475p.61 = 36''.62. A 470, il me semble que le bord extérieur de l'anneau de l'une des images dépasse le bord intérieur de l'anneau de l'autre; le débordement est plus sensible à 450.

11 septembre. 7h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 563.87 — 84.75 = 479p.12 = 36''.89. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 305.88 — 84 75 = 221p.13 = 17''.03 Saturne est un tant soit peu baveux.

14 septembre. 7h 15m à 8h. Trois mesures, 560, 556, 560 donnent, par une moyenne, pour le grand diamètre de l'anneau, 558.87 — 84.85 = 474p.12 = 36''.51. Les bords de Saturne sont assez ondulants On attachait quelque prix à faire ces observations, parce que l'éclat de la planète était considérablement diminué par les vapeurs épaisses qui la couvraient. Comme les moyens dont on se sert pour affaiblir artificiellement la lumière des planètes semblent, sous plusieurs rapports, moins avantageux que ceux que nous présentent les circonstances atmosphériques, j'ai profité aujourd'hui de l'éclat du ciel pour chercher à reconnaître si une variation dans l'intensité de la lumière n'entraînerait pas quelque changement dans la valeur du diamètre apparent. On a discontinué la série après la troisième

mesure, parce que Saturne ne se voyait presque plus. — Le temps s'étant un peu éclairci, on a fait faire une demi-révolution à la portion du tuyau dans laquelle est le prisme, afin de voir si ce retournement, en occasionnant peut-être un petit déplacement de l'axe optique par rapport au prisme, n'apporterait pas quelque différence dans la couleur. Trois mesures ont donné 562, 556, 555, d'où, par une moyenne, on tire pour le même diamètre que ci-dessus, 557.67 — 84.75 = 472p.92 = 36".41. — La lunette étant remise dans sa première position, on a trouvé 557 et 558, d'où, par une moyenne, 557.50 — 84.75 = 472p.75 = 36".40. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre deux mesures, 302.00 — 84.75 = 217p.25 = 16".73. Saturne est baveux et mal terminé, mais beaucoup plus brillant que dans la première série d'observations parce que le ciel s'est éclairci.

17 septembre. 7h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 560.88 — 84.75 = 476p.13 = 36".66. On fait faire une demi-révolution à la portion du tuyau à laquelle est adapté le prisme de cristal, et on trouve, par une moyenne entre trois mesures, 558.50 — 84.75 = 473p.75 = 36".48. Saturne se voit bien, mais la lumière du crépuscule qui est encore sensible l'affaiblit un peu. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 302.00 — 84.75 = 217p.25 = 16".73. Saturne est brillant et tranquille, mais un tant soit peu baveux. — A 468, le bord de l'un des anneaux pénètre déjà le vide de l'autre; à 423, je croirais que les bords des anneaux touchent déjà les disques des deux images de la planète. A 420 l'espace vide commence à se former, ce qui prouve que la tangence des bords intérieurs des anneaux est dépassée. A 3‥0 l'intervalle vide est bien apparent et les bords des anneaux mordent les bords des planètes. A 403 on voit l'espace vide, à 433 on ne le voit pas. Ainsi la tangence des bords intérieurs des anneaux correspondra à un nombre compris entre 403 et 433. Si on prenait la moyenne, on trouverait pour le grand diamètre intérieur de l'anneau 416.50 — 84.75 = 331p.75 = 25".54. Par suite, la double épaisseur de l'anneau serait de 11".03.

2 octobre. 7h 30m. Grand diamètre extérieur de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 545.67 — 84.75 = 460p.92 = 35".49. Grand diamètre intérieur, par une moyenne entre vingt mesures, 410.57 — 84.75 = 325p.82 = 25".09. Double épaisseur de l'anneau, 10".40. Saturne est tranquille et assez bien terminé; le temps est calme.

6 octobre. 6h 30m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 542.67 — 84.75 = 457p.92 = 35".26.

16 octobre. $7^h 15^m$ à $7^h 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 532.25 — 84.75 = 447p.50 = 34".46. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 288.00 — 84.75 = 203p.25 = 15".65. Saturne est ondulant, mais assez bien terminé.

17 octobre. $6^h 30^m$ à $7^h 15^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 532.33 — 84.75 = 447p.58 = 34".46. Grand diamètre intérieur de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 407.50 — 84.75 = 322p.75 = 26".85. Double épaisseur de l'anneau, 9".61. Petit diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 289.25 — 84.75 = 204p.50 = 15".75. Le bord inférieur apparent (supérieur réel) du petit diamètre est fort baveux.

19 octobre. $6^h 30^m$ à $7^h 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 288.50 — 84.75 = 203p.75 = 15".69. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 527.75 — 84.75 = 443p.00 = 34".11. Saturne n'est pas mal terminé.

Année 1812.

13 juillet. 9^h. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 311.41 — 84.75 = 226p.66 = 17".45. Saturne est assez bien terminé. Emploi du fort grossissement.

14 juillet. 10^h. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 310.88 — 84.75 = 226p.13 = 17".41. Emploi du fort grossissement.

17 juillet. $9^h 15^m$ à $9^h 30^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre huit mesures, le prisme étant en bas, 307.94 — 84.75 = 223p.19 = 17".18; par une moyenne entre cinq mesures, le prisme étant en haut, 308.10 — 84.75 = 223p.25 = 17".30. Emploi du fort grossissement. Saturne est très-ondulant.

18 juillet. $9^h 15^m$ à 9^h 30. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, le prisme étant en bas, 308.70 — 84.75 = 223p.95 = 17".24; par une moyenne entre six mesures, le prisme étant en haut, 307.83 — 84.75 = 223p.08 = 17".17. Emploi du fort grossissement. Saturne est ondulant. — 10^h à $10^h 10^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, le prisme étant à droite du tuyau, 606.70 — 84.75 = 521p.75 = 40".17; par une moyenne entre six mesures, le prisme étant à gauche du tuyau, 604.70 — 84.75 = 519p.95 = 40".04. Emploi du fort grossissement. Saturne est baveux.

31 août. 9^h. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre

dix mesures 577.45 — 84.75 = 492p.70 = 37″.94. Emploi du fort grossissement. Saturne n'est pas parfaitement terminé.

7 septembre. $8^h\ 15^m$ à $8^h\ 45^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre dix mesures, 568.00 — 84.75 = 483p.25 = 37″.21. Grand diamètre intérieur de l'anneau, par une moyenne entre dix mesures, 424.00 — 84.75 = 339p.25 = 26″.12. Épaisseur de l'anneau, 11″.09. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre huit mesures, 302.69 — 84.75 = 217p.94 = 16″ 78. Emploi du fort grossissement. Saturne se voit assez bien.

8 septembre. $7^h\ 30^m$ à $8^h\ 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 299.79 — 84.75 = 215p.04 = 16″.56. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatorze mesures, 571.75 — 84.75 = 486p.00 = 37″.20. Grand diamètre intérieur de l'anneau, par une moyenne entre quinze mesures, 429.84 — 84.75 = 345p.09 = 26″.57. Épaisseur de l'anneau, 10″.63. Emploi du fort grossissement. Saturne se voit passablement bien.

14 septembre. $6^h\ 45^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre onze mesures, 571.46 — 84.75 = 486p.71 = 37″.48. Emploi du fort grossissement. Saturne n'est pas parfaitement terminé.

16 septembre. $7^h\ 15^m$ à 8^h. Grand diamètre de l'anneau par une moyenne entre treize mesures, 568.31 — 84.75 = 483p 56 = 37″.23. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre huit mesures, 301.50 — 84.75 = 216p.75 = 16″.69. Emploi du fort grossissement. L'anneau se voit nettement.

19 septembre. $7^h\ 25^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre 10 mesures, 295.50 — 34.75 = 210p.75 = 16″.23. Emploi du fort grossissement. Il y a un peu de brouillard et Saturne est très-baveux par moments.

4 octobre. $7^h\ 15^m$ à $7^h\ 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre dix mesures, 553.80 — 84.75 = 469p.05 = 36″.12. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 288 50 — 84.75 = 203p.75 = 15″.69. Emploi du fort grossissement. Saturne n'est pas mal terminé. — Toutes les séries d'observations que j'ai faites avec la lunette prismatique se composent de trois colonnes dont l'une, celle du milieu, correspond à la tangence des deux disques et fournit la moyenne, tandis que les deux autres indiquent les points où les disques sont séparés et ceux où ils se mordent. Dans les observations du grand diamètre de l'anneau, on aperçoit bien nettement que les bords sont séparés, et quand ils sont tangents, on peut aussi, avec un peu d'attention, s'assurer qu'on a dépassé ce dernier point, bien qu'il soit pour cela nécessaire de

déplacer le prisme de plus de 1".50 ou 2"; mais la partie qui est commune aux deux images ne se montre pas d'abord avec une intensité double du reste de la circonférence de l'anneau : ceci tient probablement à ce que la partie extérieure de l'anneau est sensiblement plus faible que l'intérieure. Lorsqu'on vise au petit diamètre de l'anneau, on aperçoit un filet de lumière deux fois plus vif que le reste du disque aussitôt qu'on a dépassé la tangence et que les deux anneaux commencent à se superposer.

Année 1813.

7 juillet. $11^h\ 30^m$ à $11^h\ 45^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 305.70 — 84.75 = 220p.95 = 17".01. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 615.20 — 84.75 = 530p.45 = 40".84. Saturne est un tant soit peu diffus mais tranquille.

15 juillet. $10^h\ 30^m$ à $11^h\ 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 300.83 — 84.75 = 216p.08 = 16".64. Grand diamètre de l'anneau, 610.83 — 84.75 = 526p.08 = 40".51. On rend les bords intérieurs des deux anneaux tangents l'un à l'autre, afin de déterminer leur largeur, et on trouve, par une moyenne entre 6 mesures, 455.67 — 84.75 = 370p.92 = 28".56. Le double de la largeur est donc 15".95. Le ciel est vaporeux. Saturne est un peu ondulant et baveux.

21 juillet. $11^h\ 45^m$ à minuit. A 428, le bord de l'anneau mord le bord du disque de la planète. A 429, les anneaux se touchent intérieurement. A 434, le bord de l'anneau est très-près d'être tangent au bord de la planète, mais il mord encore un peu. A 441, le bord de l'anneau me semble tangent au bord de la planète. A 493, les anneaux paraissent exactement superposés par leurs extrémités. — L'intervalle entre la planète et l'anneau serait 493 — 441 = 52p = 4".00. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 609.00 — 84.75 = 524p.25 = 40".37. Le diamètre intérieur de l'anneau étant 429 — 84.75 = 344p.25 = 26".51, le double de l'épaisseur de l'anneau serait 13".86. — L'anneau de Saturne déborde encore la planète au-dessus et au-dessous, ainsi que je m'en suis assuré en l'observant avec la lunette de Lerebours armée d'un grossissement de 200 fois. Avec ce pouvoir amplificatif, on reconnaît aisément que la lumière de l'anneau est sensiblement plus blanche et plus vive que celle du disque de la planète. — Pendant toutes ces observations Saturne est assez tranquille.

23 juillet. $10^h 45^m$ à $11^h 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, 302.57 — 84.75 = $217^p.82$ = 16″.77. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 612.64 — 84.75 = $527^p.89$ = 40″.65. Saturne est tranquille, mais les observations sont difficiles, parce que les bords de l'anneau sont faibles et un peu diffus.

31 juillet. $10^h 45^m$ à $11^h 15^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre neuf mesures, 613.51 — 84.75 = $528^p.76$ = 40″.71. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 300.86 — 84.75 = $216^p.11$ = 16″.64. Saturne se voyait très bien; j'apercevais par moments le double anneau.

1er août. — $9^h 45^m$ à 10^h. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 610.17 — 84.75 = $525^p.42$ = 40″.46. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 299.00 — 84.75 = $214^p.25$ = 16″.56. Le ciel est très-vaporeux et Saturne est d'abord un peu faible, mais à la fin des mesures l'anneau se voit parfaitement bien.

2 août. 11^h à $11^h 15^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 298.67 — 84.75 = $213^p.92$ = 16″.47. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 613.86 — 84.75 = $529^p.11$ = 40″.74. Saturne est un peu ondulant, et les observations sont difficiles.

4 août. $10^h 15^m$ à $10^h 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 611.94 — 84.75 = $527^p.19$ = 40″.59. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 299.83 — 84.75 = $215^p.08$ = 16″.56. Saturne se voit bien, quoique l'anneau soit un peu ondulant à la fin des mesures.

7 août. $10^h 45^m$ à $11^h 10^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 612.08 — 84. 75 = $527^p.33$ = 40″.60. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 299.10 — 84.75 = $214^p.35$ = 16″.50. Saturne se voit bien.

30 août. $8^h 15^m$ à $8^h 30^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 294.30 — 84.75 = $209^p.55$ = 16″.14. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 590.94 — 84.75 = $506^p.19$ = 38″.98. Saturne est un peu baveux.

31 août. $7^h 30^m$ à 8^h. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre sept mesures, 596.07 — 84.75 = $511^p.32$ = 39″.37. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 292.00 — 84.75 = $207^p.25$ = 15″.96. Saturne est tranquille. Il ne faisait pas encore tout à fait nuit au commencement de ces mesures.

13 septembre. $7^h 30^m$ à 8^h. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 586.75 — 84.75 = $502^p.00$ = 38″.65. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures,

294.12 — 84.75 = 209p.37 = 16".12. Saturne est baveux. Les observations sont très-difficiles.

16 septembre. 8h 15m à 8h 45m. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 587.42 — 84.75 = 502p.67 = 38".73. — Diamètre équatorial de la planète, 293.33 — 84.75 = 208p.58 = 16".06. Je n'avais pas encore mesuré, jusqu'à présent, le diamètre de la planète; j'en avais été détourné par l'idée que la confusion qui résulte dans les images de la superposition des deux anneaux pourrait nuire à l'exactitude du pointé. Les observations que je viens de faire prouvent que ces craintes n'étaient pas fondées. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 289.80 — 84.75 = 205p.05 = 15".79. — Saturne se voit bien. Les circonstances ont été très-favorables pendant toutes ces mesures.

19 septembre. 9h. Diamètre équatorial de Saturne, par une moyenne entre sept mesures, 290.29 — 84.75 = 205p.54 = 15".83. La planète est un peu baveuse.

20 septembre. 7h à 7h 45m. Diamètre équatorial de Saturne, par une moyenne entre six mesures, 290.92 — 84.75 = 206p.17 = 15".87. — On rend le bord extérieur de l'anneau tangent au bord de la planète et on trouve, par une moyenne entre cinq mesures, 421.90 — 84.75 = 336p.15 = 25".88. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 578.00 — 84.75 = 493p.25 = 37".98. Des deux séries on déduit, pour l'intervalle entre la planète et le bord extérieur de l'anneau, 12".10; le prisme était à droite. — De la première série et de la seconde on déduit 10".05 pour l'intervalle entre le bord de la planète et l'autre bord extérieur de la planète. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 287.80 — 84.75 = 203p.05 = 15".63. Saturne est un peu baveux, et les observations sont difficiles.

27 septembre. 8h 15m. Diamètre équatorial de Saturne, par une moyenne entre cinq mesures, 287.90 — 84.75 = 203p.15 = 15".64. La planète est très-ondulante et les observations sont très-difficiles.

29 septembre. 7h à 8h. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre sept mesures, 287.57 — 84.75 = 202p.82 = 15".62, Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 286.00 — 84.75 = 201p.25 = 15".50. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 571.90 — 84.75 = 487p.15 = 37".51. Sept mesures montrent en outre qu'à 428 les anneaux des deux images se touchent intérieurement, et qu'en outre l'anneau de l'une des images est à peu près tangent à la planète de l'autre. De là il résulte, pour le grand diamètre intérieur de l'anneau, 428.00 — 84.75 = 343p.25 = 26".43. Par conséquent, le double de l'épaisseur

de l'anneau est 37".51 — 26".43 = 12".08, et l'espace vide total 26".43 — 15".62 = 10".81, nombres qui sont effectivement très-rapprochés l'un de l'autre. Pendant ces observations, Saturne est un peu baveux.

5 octobre. 6^h 50^m à 7^h 30^m. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 283.80 — 84.75 = 199p.05 = 15".33. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre six mesures. 288.83 — 84.75 = 204p 08 = 16".71. A 400, l'anneau mord la planète, et un rond vide existe entre les deux images de l'anneau. A 408, l'anneau mord encore et également sur chaque disque, ce qui prouve que la planète est bien au milieu de la circonférence extérieure de l'anneau. A 422, l'anneau mord encore, mais on est près de la tangence et on n'aperçoit pas de vide. A 432, la tangence est peut être dépassée. Par une moyenne, on a, pour le grand diamètre intérieur de l'anneau, 427.00 — 84.75 = 342p 25 = 26".65. Au commencement de ces séries, Saturne se voit fort bien, mais le ciel devient vaporeux et les nuages couvrent souvent la planète.

11 octobre. 6^h 30^m à 7^h 15^m. Diamètre équatorial de Saturne, par une moyenne entre sept mesures, 281.14 — 84.75 = 196p.39 = 15".12. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 562.00 — 84.75 = 477p.25 = 36".75. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 281.20 — 84.75 = 196p.45 = 15".13. Saturne est un peu diffus.

19 octobre. 6^h à 7^h 15^m. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre huit mesures, 284.56 — 84.75 = 199p 81 = 15".39. — De dix-neuf mesures, il résulte que le bord de l'anneau est tangent au bord de la planète pour 425.60 — 84.75 = 340p.25 = 26".20, le prisme étant à droite; ce qui donne 26".20 — 15".39 = 10".81 pour la distance de la planète à l'un des bords de l'anneau. — De dix mesures il résulte que les deux anneaux se touchent intérieurement à 398, ce qui donne 398.00 — 84.75 = 313p.25 = 24".12 pour le grand diamètre intérieur de l'anneau. — Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 555.87 — 84.75 = 471p.12 = 36".28. La distance du bord de la planète à l'autre bord de l'anneau est donc 36".28 — 26".20 = 10".08; la double épaisseur de l'anneau est 36".28 — 24".12 = 12".16. — Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 278.70 — 84.75 = 193p.95 = 14".93. — Après ces mesures, j'ai examiné attentivement Saturne avec la lunette de Lerebours, armée successivement des grossissements 191 et 400. La planète est débordée par l'anneau en haut et en bas; dans le bord supérieur apparent, l'anneau se projette sur la planète; dans le

bord inférieur, c'est la planète, au contraire, qui se projette sur l'anneau. La lumière de l'anneau est plus vive que celle de la planète. — Le ciel est beau, mais Saturne est un peu ondulant.

24 octobre. $6^h\ 45^m$. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 276.90 — 84.75 = $192^p.15$ = 14''.80. Saturne est bas et très-ondulant, ce qui rend les observations incertaines.

1er novembre. 6^h à $6^h\ 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 544.10 — 84.75 = $459^p.35$ = 35''.37. — D'après dix mesures, les bords extérieurs des anneaux des deux images se touchent quand l'index marque 390, ce qui donne 390.00 — 84.75 = $305^p.25$ = 23''.50 pour le diamètre intérieur de l'anneau, et 32''.37 — 23''.50 = 11''.87 pour la double épaisseur. — Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre six mesures, 279.83 — 84.75 = $194^p.08$ = 14''.94. — De là, il résulte 23''.50 — 14''.94 = 8''.56 pour le double vide entre la planète et l'anneau, 35''.37 — 14''.94 pour la double distance de la planète aux bords extérieurs de l'anneau. — Pendant ces mesures le ciel est vaporeux et Saturne assez faible.

4 novembre. D'après six mesures, à 398, les bords intérieurs des anneaux des deux images se touchent, et à 424, le bord extérieur de l'anneau de l'une des images est tangent au disque de l'autre. De là il résulte 398.00 — 84.75 = $313^p.25$ = 24''.12, pour le diamètre intérieur de l'anneau, et 424.00 — 84.75 = $339^p.25$ = 26''.12 pour la distance d'un bord extérieur de l'anneau au bord le plus éloigné de la planète.

5 novembre. 6^h à $6^h\ 30^m$. D'après vingt-deux mesures, les bords intérieurs des anneaux des deux images se touchent à 384, et les anneaux sont tangents aux planètes à 416. D'où il résulte, 384.00 — 84.75 = $299^p.25$ = 23''.03 pour le diamètre intérieur de l'anneau, et 416.00 — 84.75 = $331^p.25$ = 25''.51 pour la distance du bord extrême de l'anneau au bord le plus éloigné de la planète. — Diamètre équatorial de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 275.10 — 84.75 = $190^p.35$ = 14''.65. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 542.92 — 84.75 = $458^p.17$ = 35''.28. — On a donc 35''.28 — 23''.03 = 12''.25 pour la double largeur de l'anneau ; 23''.03 — 14''.65 = 8''.38 pour la double distance entre la planète et le bord intérieur de l'anneau : 35''.28 — 14''.65 = 20''.63 pour la double distance de la planète au bord extérieur de l'anneau ; 35''.28 — 25''.51 = 9''.77 pour la distance de l'un des bords de la planète au bord extérieur le plus voisin de l'anneau. — Pendant ces mesures, Saturne est un peu faible.

27 novembre. $5^h\ 30^m$. Grand diamètre de l'anneau, par une

moyenne entre quatre mesures (le prisme étant à droite et un peu au-dessus), 531.37 — 84.75 = 446p.62 = 34″.39. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures (le prisme étant en haut et un peu à droite), 266.00 — 84.75 = 181p.25 = 13″.96. — Pendant ces mesures, Saturne est faible.

Année 1814.

2 juillet. Minuit à minuit 15m. Petit diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 290.50 — 84.75 = 205p.75 = 15″.84. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 627.30 — 84.75 = 542p.55 = 41″.78. Saturne est mal terminé; les observations sont très-difficiles et incertaines.

11 juillet. 11h 45m à minuit 15m. Petit diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 201.62 — 84.75 = 206p.87 = 15″.93. Comme la planète déborde extrêmement peu l'anneau, ces mesures peuvent être prises indistinctement comme représentant le petit axe de l'anneau ou le diamètre polaire de Saturne. — Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre six mesures, 307.92 — 84.75 = 222p.12 = 17″.11. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. — Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 626.00 — 84.75 = 541p.25 = 41″.68. Saturne est un peu diffus.

12 juillet. 11h 15m à 11h 30m. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre cinq mesures, 288.70 — 84.75 = 203p.95 = 15″.70; ce diamètre déborde très-peu celui de l'anneau. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 305.87 — 84.75 = 221p.12 = 17″.03. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{13}$. Saturne est diffus et faible.

14 juillet. Avec le prisme de 33′ 4″ devant l'oculaire de la lunette de Lerebours, et en se servant du grossissement 191, ce qui correspond à 10″.35, les deux bords du petit diamètre de l'anneau, tout aussi bien que les bords du diamètre équatorial de la planète, se mordent très-sensiblement. En employant le grossissement de 100, ce qui correspond à 19″.84, les bords tant de la planète que de l'anneau sont sensiblement séparés.

23 juillet. 11h 25m à minuit. Diamètre équatorial de Saturne, par une moyenne entre cinq mesures, 307.89 — 84.75 = 223p.05 = 17″.17. Petit diamètre, par une moyenne entre cinq mesures, 287.50 — 84.75 = 202p.75 = 15″.61. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{11}$. —

Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures. 625.00 — 84.75 = 540p.25 = 41''.60.

25 juillet. 10h 45m à 11h 30m. On rend le bord de l'anneau tangent au bord de la planète, et on trouve, par une moyenne entre quatre mesures, 461.25 — 84.75 = 376p.50 = 28''.99. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 624.80 — 84.75 = 540p.05 = 41''.58. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 308.25 — 84.75 = 223p.50 = 17''.21. Petit diamètre de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 289.75 — 84.75 = 205p.00 = 15''.78. Saturne est d'abord un peu ondulant et diffus; il finit par être assez bien terminé.

7 août. Emploi du micromètre oculaire. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre deux mesures, 28 parties de l'échelle qui correspondent à 15''.30. Grand diamètre, par une moyenne entre deux mesures, 41 parties qui correspondent à 16''.84. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{11}$.

9 août. 9h 15m à 9h 45m. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 307.37 — 84.75 = 222p.62 = 17''.14. Diamètre polaire, par une moyenne entre trois mesures, 289.33 — 84.75 = 204p.58 = 15''.75. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{13}$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre 4 mesures, 615.62 — 84.75 = 531p.87 = 40''.95. — A 11h, emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire, par une moyenne entre quatre mesures, 31 parties de l'échelle qui correspondent à 15''.63. Diamètre équatorial, par une moyenne entre trois mesures, 43 parties qui correspondent à 17''.11. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{12}$.

12 août. 10h. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire, par une moyenne entre quatre mesures, 31 parties qui correspondent à 15.''63.

30 août. 8h 45m à 9h 15m. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 311.75 — 84.75 = 227p.00 = 17''.48. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 611.20 — 84.75 = 526p.35 = 40''.53. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre cinq mesures, 289.75 — 84.75 = 205p.00 = 15''.78. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{10}$. — 11h. Emploi du micromètre oculaire. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre trois mesures, 28 parties qui correspondent à 15''.30. — On aperçoit à peine le petit segment de la planète qui déborde l'anneau.

1er septembre. 10h 15m à 10h 45m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre trois

mesures, 43 parties qui correspondent à 17''.11. Petit diamètre, par une moyenne entre quatre mesures, 32 parties qui correspondent à 15''.74. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{12}$.

2 septembre. $7^h\ 30^m$ à $8^h\ 45^m$. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre quatre mesures. 307.12 — 84.75 = 222p.37 = 17''.12. Grand diamètre intérieur de l'anneau, par une moyenne entre quatre mesures, 424.87 — 84.75 = 344p.12 = 26''.50. Distance du bord extrême de l'anneau au bord opposé de la planète, par une moyenne entre deux mesures, 451.00 — 84.75 = 366p.25 = 28''.20. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre cinq mesures, 607.40 = 84.75 = 522p.65 = 40'' 24. Petit diamètre de la planète, 288.12 — 84.75 = 203p.37 = 15''.66. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{12}$. Double largeur de l'anneau, 40''.24 — 26''.12 = 14''.12. Distance de la planète à l'extrémité de l'anneau, 28''.20 — 17''.12 = 11''.08. — Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire, par une moyenne entre cinq mesures, 30 parties qui correspondent à 15''.52.

3 octobre. $6^h\ 45^m$ à 7^h. Diamètre équatorial, par une moyenne entre sept mesures, 297.21 — 84.75 = 212p.46 = 16''.36. Petit diamètre, par une moyenne entre cinq mesures, 284.60 — 84.75 = 199p.85 = 15''39. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$. Saturne est un peu diffus. — 8^h à $8^h\ 30^m$. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre équatorial, par une moyenne entre six mesures. 35 parties qui correspondent à 16''.10. Petit diamètre. par une moyenne entre quatre mesures, 26p.6 qui correspondent à 15''.15. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{16}$. A peine aperçoit-on que la planète déborde l'anneau. Je n'oserais même pas affirmer que la chose a lieu effectivement dans le bord inférieur apparent. Il y a quelque temps, le phénomène me semblait plus sensible.

7 octobre. 7^h. Emploi du micromètre oculaire. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre cinq mesures, 21p.5 qui correspondent à 14''.63. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 34p.9 qui correspondent à 16''.08. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{11}$. Saturne est diffus par moments. — La planète déborde peut-être un tant soit peu l'anneau dans le bord supérieur apparent; mais en bas, il me semble que la courbure de l'anneau n'est pas interrompue.

23 octobre. 6^h à 7^h. Petit diamètre de l'anneau ou mieux de Saturne, par une moyenne entre quatre mesures, 278.25 — 84.75 = 193p.50 = 14''.90. Diamètre équatorial de la planète, 290.65 — 84.75

= 205p.90 = 15″.95. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{15}$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre six mesures, 570.50 — 84.75 — 485p.55 = 37″.39. Grand diamètre intérieur de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 390.67 — 84.75 = 305p.92 = 23″.56. Double largeur de l'anneau, 37″.39 — 23.56 = 13.83. Saturne est un peu diffus et ondulant.

Année 1815.

18 août. 11h à 11h 30m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre sept mesures, 35p.86 qui correspondent à 16″.20. Diamètre équatorial, par une moyenne entre cinq mesures, 44p.12 qui correspondent à 16″.99.

24 août. 9h 30m à 9h 45m. Diamètre polaire, par une moyenne entre six mesures, 305.25 — 84.75 = 220p.50 = 16″.98. Diamètre équatorial, par une moyenne entre six mesures, 312.75 — 84.75 = 228p.00 = 17″.56. La planète dépasse l'anneau en haut et en bas.

27 août. 10h 30m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre trois mesures, 31 parties qui correspondent à 15″.67. Saturne est un peu diffus.

2 septembre. 10h 20 à 10h 45. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 32p.25 qui correspondent à 15″.77. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 40p.37 qui correspondent à 16″.76. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{17}$.

1er octobre. 6h 55m à 7h 45m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 26p.12 qui correspondent à 15″.10. Diamètre équatorial, par une moyenne entre cinq mesures, 33p.25 qui correspondent à 15″81. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{22}$. Saturne est un peu ondulant.

7 octobre. 7h 15m. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 296.75 — 84.75 = 212p.00 = 16″.32. Il y a un léger brouillard et Saturne est un peu faible.

24 octobre. 8h. Petit diamètre de la planète, par une moyenne entre trois mesures, 281.00 — 84.75 = 196p.25 = 15″.11.

26 octobre. 6h 15m à 6h 30m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 33p.25 qui correspondent à 15″.88. Diamètre équatorial, par une

moyenne entre deux mesures, 42p.50 qui correspondent à 17".03. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{15}$.

1[er] novembre. 6h 45m à 7h 15m. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 43p.70 qui correspondent à 17".20. Diamètre polaire, par une moyenne entre cinq mesures, 30p.28 qui correspondent à 15".29. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{9}$. Saturne est diffus par moments.

6 novembre. 7h à 7h 30m. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre six mesures, 280 67 — 84.75 = 185p.92 = 15".08. Diamètre équatorial, par une moyenne entre quatre mesures, 294.88 — 84.75 = 210p.13 = 16".18. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. Grand diamètre de l'anneau, par une moyenne entre trois mesures, 566.50 — 84.75 = 481p.75 = 37".09. Le ciel est beau et Saturne est tranquille.

Année 1817.

11 décembre. 7h. Emploi du micromètre oculaire. Diamètre polaire de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 28p.90 qui correspondent à 15".40. Le ciel est beau, mais Saturne est un peu diffus.

Année 1822.

13 février. 8h 30m. Les satellites de Saturne présentent la configuration que montre la figure 26. A est très-faible; E ne se voit



Fig. 26. — Configuration des satellites de Saturne, le 13 février 1822, à 8h 30m de temps vrai.

qu'avec la grande lunette de Lerebours de 20 centimètres d'ouverture: B et C ont à peu près la même intensité; D, qui n'est peut-être pas un satellite me paraît plus faible. J'estime que de B en C

il y a la même distance que de B au bord de la planète, et que cette dernière distance est deux fois et demie le grand diamètre de l'anneau. — En examinant ces satellites, j'ai fait une remarque curieuse sur la constitution physique de mon œil. Avec la lunette de mon cabinet, le satellite A était extrêmement faible; je l'apercevais à peine et seulement de loin en loin quand je portais mes regards avec l'attention la plus soutenue sur l'endroit où il était : mais si ma vue se fixait sur le bord K de l'anneau le plus éloigné du satellite, celui-ci se voyait très-distinctement. J'ai fait cette expérience quinze ou vingt fois, elle m'a toujours donné les mêmes résultats. Le satellite E ne se voyait qu'avec la grande lunette de Lerebours; mais, pour cela, j'étais obligé de regarder le bord K de l'anneau. Ces expériences dans lesquelles je ne parvenais à discerner les objets extrêmement faibles qu'en ne les regardant pas, prouvent que toutes les parties de ma rétine n'ont pas la même sensibilité.

Année 1823.

14 mars. 7h du soir. J'examine Saturne avec la lunette de Lerebours, armée d'un grossissement de 150 fois environ. La planète déborde sensiblement l'anneau dans le haut et dans le bas.

15 mars. 7h du soir. J'ai examiné de nouveau Saturne avec la lunette de Lerebours et un grossissement de 134 fois. La planète déborde évidemment l'anneau au-dessus et au-dessous. J'estime que le segment du disque qui dépasse l'anneau est de 1″ environ.

Année 1824.

31 janvier. J'ai examiné aujourd'hui Saturne avec toute l'attention possible à l'aide d'une lunette de M. Cauchoix de 16 centimètres d'ouverture et de 2m.27 de foyer. J'employais un grossissement de 250 à 300 fois. La planète débordait un tant soit peu l'anneau dans le bord supérieur apparent A (fig. 27). Je n'ai pu acquérir la cer-

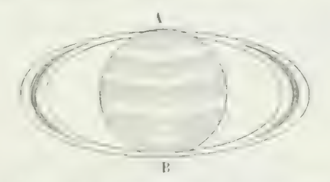


Fig. 27. — Aspect de Saturne dans la lunette de M. Cauchoix, le 31 janvier 1824.

titude qu'elle dépassait l'anneau dans le bord opposé B. Il semble résulter de là que la planète n'est pas maintenant au centre de l'anneau. Du reste, le segment A est excessivement petit, de 0''.3 à 0''.4. MM. Savary et Cauchoix ont vu comme moi le segment A ; ils n'ont rien aperçu en B au-dessous de l'anneau.

Année 1828.

13 mai. J'ai examiné ce soir avec beaucoup d'attention Saturne à l'aide de diverses lunettes. Il m'a semblé que le diamètre polaire de la planète était à peu près égal à celui de l'anneau ; s'il y a une différence elle est très-petite, et c'est l'anneau qui déborde. La courbure générale de l'anneau ne paraît en effet interrompue ni dans le haut ni dans le bas.

Année 1833.

10 juin. On ne voit aucune trace de l'anneau.

12 juin. Nous avons aperçu l'anneau de Saturne avec la plus grande lunette de Lerebours et la longue lunette de 20 centimètres du même artiste. Cet anneau se montrait comme deux lignes blanches extrêmement déliées. Il nous a semblé que leur longueur était à fort peu près égale au rayon de la planète. Ainsi LC = LO = MN

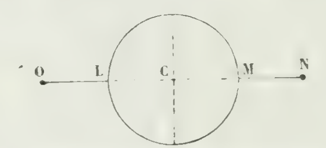


Fig. 28. — Aspect de Saturne dans la lunette de Lerebours, le 12 juin 1833.

(fig. 28). Cependant, on a cru voir que LO était un tant soit peu plus grand que MN, mais sans pouvoir l'affirmer.

Année 1842.

14 septembre. $7^h\ 30^m$. La planète Saturne étant observée avec une lunette qui renverse, on reconnaît que l'intervalle AB (fig. 29) est plus grand que l'intervalle CD. MM. Mathieu, Babinet, Eugène

Bouvard, Laugier et Mauvais ont, comme moi, trouvé que la lunule obscure de droite est d'un quart ou d'un cinquième environ plus large que la lunule de gauche (apparente).

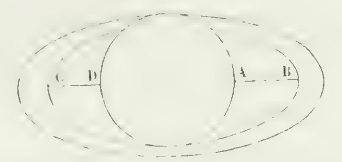


Fig. 29. — Aspect de Saturne dans une lunette qui renverse les objets, le 14 septembre 1842.

15 septembre. $7^h\ 30^m$ à 8^h. AB, comme hier, surpasse évidemment CD. La différence paraît un peu plus petite que la veille. Tout le monde, même les personnes les moins habituées aux observations (M. Civiale, etc.) ont remarqué l'inégalité.

16 septembre. 7^h à 8^h. AB surpasse toujours CD, mais extrêmement peu maintenant.

17 septembre. La différence entre les deux lunules existe encore, mais elle est plus petite qu'hier. Certainement si, le 14 septembre, ces deux espaces n'avaient pas été plus inégaux qu'ils ne le sont aujourd'hui, on ne s'en serait pas aperçu.

19 septembre. $7^h\ 30^m$. L'espace obscur de droite (en apparence) surpasse celui de gauche ; il nous semble que la différence est un peu plus grande qu'à l'époque de la dernière observation.

5 octobre. 8^h du soir. L'espace obscur de droite (en apparence) entre la planète et l'anneau, est sensiblement plus petit que l'espace obscur de gauche.

Année 1847.

26 octobre. 8^h du soir. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre trois mesures, 326.33 — 74.75 = 241p.58 = 18″.60 ; la moyenne entre trois mesures prises par M. Laugier donnant 325.33 — 84.75 = 240p.58 = 18″.52. Diamètre polaire, par une moyenne entre deux mesures, 294.00 — 84.75 = 209p.25 = 16″.11. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{8}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre trois mesures, 301.67 — 84.75 = 216p.92 = 16″.70.

27 octobre. $8^h\ 15^m$. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre trois mesures, 326.00 — 84.75 = 241p.25 = 18″.58. Diamètre polaire, par une moyenne entre deux mesures, 298.50 —

84.75 = 213p.75 = 16".46. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{9}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre deux mesures, 302.50 — 84.75 = 217p.75 = 16".77 — Des observations faites par M. Laugier donnent les résultats suivants : diamètre équatorial, par une moyenne entre deux mesures, 324.50 — 84.75 = 239p.75 = 18".46 ; diamètre polaire, par une moyenne entre deux mesures, 297.00 — 84.75 = 212p.25 = 16".34 ; valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{9}$; diamètre à 45°, par une moyenne entre deux mesures, 304.50 — 84.75 = 219p.75 = 16".92.

28 octobre. 8h. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre quatre mesures, 330.33 — 84.75 = 245p.58 = 18".91. Diamètre polaire, par une moyenne entre deux mesures, 299.00 — 84.75 = 214p.25 = 16".50. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{8}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre deux mesures, 303.50 — 84.75 = 218p.75 = 16".84. — Des observations faites par M. Laugier ont donné les résultats suivants : diamètre équatorial, par une moyenne entre cinq mesures, 322.50 — 84.75 = 237p.75 = 18".31 ; diamètre polaire, par une moyenne entre trois mesures, 298.00 — 84.75 = 213p.25 = 16".42. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{10}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre trois mesures, 304.67 — 84.75 = 219p.92 = 16."93.

1er décembre. Diamètre équatorial de la planète, par une moyenne entre cinq mesures, 312.00 — 84.75 = 227p.25 = 17".50. Diamètre polaire, par une moyenne entre quatre mesures, 296.25 — 84.75 = 211p.50 = 16".28. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{14}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre trois mesures, 301.33 — 84.75 = 216p.58 = 16".68. — Des observations faites par M. Laugier ont donné les résultats suivants : diamètre équatorial, par une moyenne entre trois mesures, 306.00 — 84.75 = 221p.25 = 17".04. Diamètre polaire, par une moyenne entre deux mesures, 288.50 — 84.75 = 203p.75 = 15".69. Valeur de l'aplatissement, $\frac{1}{12}$. Diamètre à 45°, par une moyenne entre deux mesures, 293.00 — 84.75 = 208p.25 = 16".04.

MESURES D'URANUS

Herschel a donné des mesures du diamètre d'Uranus, dans le t. LXXIII des *Transactions philosophiques*, 1783 ; les résultats partiels obtenus sont les suivants : 5″.06, 5″ 2‴, 5″ 11‴, 4″ 11‴, 3″.63, 3″.67, 4″.24, 3″.77, 3″.51, 4″.53, 4″.06. L'illustre astronome de Slough s'est servi, dans quelques-unes de ces mesures, du micromètre à lampe.

Voici quelques mesures que j'ai prises en 1814 avec la lunette prismatique de Rochon, et qui sont extraites de mes registres :

20 mai. J'ai trouvé, par une moyenne entre deux mesures, 147.25 — 84.75 = 62p.50 = 4″.81. Le temps nébuleux m'a empêché de continuer la série.

14 juin. 11^h 15^m. J'ai trouvé : pour trois mesures du diamètre horizontal, 145, 145, 143 ; pour trois mesures du diamètre à 45° à droite, 142.5, 141, 140 ; pour trois mesures du diamètre horizontal, 138, 139, 141 ; la moyenne générale est 141.61 — 84.75 = 56p.86 = 4″.38. Les observations sont difficiles.

Le 14 juillet j'ai fait les diverses observations suivantes en mettant divers prismes biréfringents devant l'oculaire de la lunette, et en me servant de divers grossissements.

1. Avec l'oculaire numéroté 191, mais qui paraît correspondre à un grossissement d'environ 164, on place un prisme de cristal de roche, qui sépare les deux faisceaux de 14′, devant l'oculaire de la

lunette; mais ce prisme est trop fort, c'est-à-dire que les deux images de la lunette sont sensiblement séparées $\left(\frac{14'}{164} = 5''.14\right)$.

2. Avec l'oculaire numéroté 134, mais qui ne grossit guère que 112 fois environ, le même prisme de 14' est beaucoup trop fort, mais l'intervalle des deux images est presque égal au diamètre de chacune d'elles. Si l'intervalle était exactement égal au diamètre d'Uranus, on aurait, pour la valeur de ce diamètre, $\frac{14'}{3 \times 112} = 2''.50$. Uranus doit donc soustendre un angle un tant soit peu plus grand que 2''.5.

3. Je me suis assuré une seconde fois que le prisme de 14' est trop fort avec l'oculaire numéroté 191.

4. Avec l'oculaire non noirci qui suit le n° 191, et que je suppose grossir environ 400 fois, un prisme de 33'4'' est trop fort; les deux images d'Uranus sont séparées $\left(\frac{33'4''}{400} = 4''.96\right)$.

SUR UNE ÉTOILE

PARAISSANT SE MOUVOIR D'UN MOUVEMENT PROPRE[1]

Dans la séance de l'Académie des sciences du 15 février 1836, M. le capitaine Basile Hall a communiqué l'extrait suivant d'une lettre de M. Cacciatore, directeur de l'Observatoire de Palerme, à M. le capitaine Smyth :

« Dans le mois de mai 1835, pendant que je suivais les observations dont je suis occupé depuis longtemps sur les mouvements propres des étoiles, je vis, près de la 17e étoile de la XIIe heure du catalogue de Piazzi, une autre étoile qui me parut être aussi de septième à huitième grandeur : je notai la distance qui les séparait. Le temps ne me permit pas d'observer les deux nuits suivantes. Ce ne fut que la troisième nuit que je revis le nouvel astre : il avait alors sensiblement marché vers l'est et vers l'équateur. Des nuages me forcèrent de renvoyer les mesures à la nuit suivante ; mais jusqu'à la fin de mai, le temps fut horrible ; on aurait dit à Palerme que l'hiver recommençait : d'abondantes pluies et des vents impétueux se succédaient de manière à ne pas permettre de tenter aucun genre de recherche. Lorsque, après quinze jours, je pus reprendre mes observations, l'étoile était déjà plongée dans le crépuscule du soir, et toutes mes tentatives pour la retrouver furent sans résultat : des astres de cette grandeur n'étaient plus visibles. Le mouvement estimé, en trois jours, me parut être de 10 secondes en ascension droite, et d'environ une minute (ou d'un tant soit peu moins) en déclinaison vers le nord. Un mouvement aussi lent me fait supposer que l'astre est situé au delà d'Uranus. Je fus extrêmement contrarié de ne pouvoir pas pousser plus loin une aussi importante recherche. »

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. II, p. 154.

Il y a dans cette communication une circonstance que les astronomes auront beaucoup de peine à comprendre. Lorsque le temps redevint favorable à Palerme, à la fin de mai, l'étoile mobile n'était plus visible, dit M. Cacciatore, à cause de la lumière crépusculaire du soir. L'explication est admissible lorsqu'il s'agit du passage de l'astre au méridien; mais deux, mais trois heures après le coucher du Soleil, mais à nuit close, rien ne pouvait empêcher de comparer la planète soupçonnée aux étoiles voisines, soit avec une machine parallatique, soit, à son défaut, avec le grand cercle azimutal qui occupe le premier rang parmi les instruments de l'Observatoire de Palerme. Il nous paraît inconcevable qu'un observateur du mérite de M. Cacciatore, contrarié comme il l'était, comme il devait l'être, de ne pouvoir constater la réalité d'une découverte aussi capitale, ne se soit pas avisé de suivre l'astre hors du méridien.

SUR

LES TACHES SOLAIRES

I

CONSIDÉRATIONS SUR LES TACHES DU SOLEIL [1]

M. le professeur Pictet a publié, dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, des considérations intéressantes sur les taches du Soleil et des remarques destinées à montrer, selon lui, que les taches qui ont paru en 1815 et en 1816 n'ont pu avoir l'influence que le peuple leur a généralement attribuée. Le tableau suivant montre que sous le rapport de la température et sous celui de la quantité de pluie qui est tombée, les variations ont été à Paris moindres qu'on n'était disposé à le supposer :

Mois.	Températures moyennes en degrés centigr.		Pluie recueillie en	
	1815	1816	1815	1816
			mill.	mill.
Janvier	— 0°.6	+ 2°.6	17.5	49.0
Février	+ 7 .3	2 .0	31.4	6.0
Mars	9 .6	5 .6	40.6	43.8
Avril	10 .3	9 .9	30.3	12.8
Mai	14 .7	12 .7	29.0	38.0

1. Note publiée en 1816, t. III des *Annales de chimie et de physique*, p. 95.

Juin..................	16°.0	14°.8	78.7	53.7
Juillet................	17 .6	15 .6	31.9	96.7
Août...	17 .7	15 .5	15.0	50.7
Septembre...........	15 .5	14 .1	31.8	63.4
Octobre..............	12 .2	11 .8	61.7	20.6
Moyennes des 10 mois.	12°.0	10°.5	″	″
Totaux des 10 mois....			367.7	434.7

En 1815 on avait compté, depuis janvier jusqu'en octobre inclusivement, 127 jours de pluie; en 1816 on en trouve, dans le même espace de temps, 8 de plus. En 1815, il avait plu douze fois en juillet; en 1816, ce même mois n'a présenté que cinq jours de pluie.

M. Pictet rappelle les conséquences principales que les astronomes ont tirées de l'observation des mouvements apparents des taches, et rapporte plusieurs nouvelles mesures qui sont dues à un de ses compatriotes, M. Eynard l'aîné. Le temps de la rotation réelle du Soleil lui a paru être de $25^j\ 9^h\ 26^m$; Lalande supposait $25^j\ 10^h\ 0^m$; Cassini trouvait un nombre encore plus fort; et comme la détermination que M. Biot a consignée dans son *Astronomie* est intermédiaire entre $25^j\ 9^h\ 26^m$ et celle de Lalande, M. Eynard se demande si la rotation du Soleil ne serait pas sujette à une accélération : il avoue, à la vérité, que ses données ne sont pas suffisantes pour décider la question; mais il aurait dû ajouter, ce me semble, que les observations les plus exactes qu'on ait faites des taches du Soleil laissent une incertitude de 5 ou 6 heures sur le temps de rotation de cet astre, et surtout ne pas avoir l'air de supposer que le nombre que M. Biot a donné se rapporte au temps de la publication de son ouvrage, tandis qu'il est déduit de trois observations de

Messier qui remontent à l'année 1777. L'étude des sciences est maintenant trop étendue pour qu'il n'importe pas de la débarrasser de la foule de questions oiseuses dont on la surcharge très-souvent sans motifs.

L'argument auquel on a ordinairement recours pour montrer que les taches du Soleil ne peuvent pas avoir d'influence sensible sur les variations de température que nous éprouvons quelquefois sur la Terre, et qu'on tire du peu d'espace qu'elles embrassent sur le disque, ne paraît concluant qu'au premier aperçu. En effet, la nature des taches ne nous est pas connue : les uns les regardent comme des amas de scories lancés par d'immenses volcans, et qui nagent dans un océan de matière fluide et incandescente ; d'autres imaginent que la région supérieure de l'atmosphère du Soleil est seule lumineuse, et qu'il ne se forme de taches que dans les points où deux nuages s'écartent pour laisser voir à nu le corps obscur de l'astre. Dans cette hypothèse, qui est la plus probable des deux, puisque les observations paraissent démontrer que le noyau de chaque tache est au fond d'une cavité, on admettra avec Herschel qu'un gaz qui se dégage avec violence et qui occasionne d'abord un déplacement plus ou moins étendu de quelques parties de l'atmosphère lumineuse, peut devenir à son tour un élément de la combustion et en redoubler l'activité partout où il se répand. Il serait curieux de suivre pas à pas, et à l'aide d'observations directes, tous ces changements d'intensité; mais malheureusement les moyens photométriques n'ont d'exactitude que quand on les applique à la comparaison de deux lumières qui s'aperçoivent en même temps.

Néanmoins, les observations ont appris que la formation d'une tache un peu considérable est presque toujours précédée de l'apparition de ces espaces que Scheiner avait déjà aperçus avec ses instruments imparfaits, et qui se distinguent du reste du disque par la grande vivacité de leur lumière.

Un examen très-attentif et continu de toutes les parties de l'astre a montré que des *facules*, pour me servir de l'expression consacrée, existent même hors des régions où les taches noires ne se montrent jamais; qu'elles y occupent des espaces plus ou moins étendus; qu'elles changent de place, de forme et d'éclat dans des temps fort courts; en sorte que, sur toute la surface du Soleil, la matière lumineuse est sujette à des fluctuations continuelles. Herschel, à qui l'on doit une multitude d'observations de ce genre, a été conduit à supposer que la présence des taches est l'indice d'une abondante émission de lumière et de chaleur, et a cherché à établir cette opinion par des recherches historiques; le *criterium*, auquel il a eu recours (le prix du blé en Angleterre), semble trop mal choisi pour qu'on puisse regarder son hypothèse comme démontrée; mais on voit du moins qu'elle se fonde sur des observations. L'on ne saurait en dire autant de ces décisions tranchantes que l'on trouve dans la plupart des écrits auxquels les dernières taches ont donné lieu. Les mots d'*absurde*, d'*impossible*, découlent rarement de la plume de ceux qui ont l'habitude de consulter la nature. Un ouvrage récent, la *Nouvelle Encyclopédie d'Edinburgh*, nous fournira un exemple curieux des modifications que le temps apporte quelque-

fois à ces jugements prématurés. J'ai rappelé ci-dessus les idées qu'Herschel s'est formées de la constitution du globe solaire ; je ne dirai pas qu'elles ont eu l'assentiment général, mais du moins qu'elles ont paru probables à un grand nombre d'astronomes. Quelques années auparavant, ces mêmes idées avaient été regardées comme une preuve manifeste de folie. Le docteur Elliot ayant été traduit devant le tribunal d'Old-Bayley pour avoir tué miss Boydel, le docteur Simmons, appelé en témoignage, soutint que l'accusé avait le cerveau totalement dérangé, et crut le prouver suffisamment en produisant des écrits qui étaient destinés à la Société royale, et dans lesquels le docteur Elliot avait émis l'opinion que l'atmosphère du Soleil est lumineuse et que le corps de l'astre peut être obscur !

II

OBSERVATIONS DES TACHES DU SOLEIL FAITES DE 1822 A 1830 [1]

Quelques physiciens ont supposé que les taches du Soleil, quand elles sont nombreuses et étendues, peuvent modifier sensiblement les températures terrestres. Des astronomes, Herschel entre autres, admettent également cette influence ; mais à les en croire, les taches, loin d'être l'indice d'une diminution dans la chaleur, comme le pensent les physiciens, prouveraient au contraire que la combustion de l'astre vient de recevoir un

1. Extraites des *Annales de chimie et de physique.*

surcroît d'activité. Ils fondent cette opinion, au premier coup d'œil assez bizarre, sur le fait important que l'apparition des taches obscures est souvent précédée et suivie de la formation de *facules,* espèce particulière de taches qui se font remarquer par un éclat supérieur à celui qu'a le reste du disque. Des observations comparatives des températures terrestres, du nombre et de l'étendue des taches obscures, donneront peut-être un jour les moyens de se décider entre ces deux hypothèses. Tel est, du moins, le motif d'après lequel nous avons résolu de publier le catalogue des taches de ce genre qui se seront montrées chaque année. Les nuages, les brouillards dont le ciel est couvert, surtout en hiver, empêcheront que de tels catalogues soient tout à fait complets; mais outre qu'on pourra s'aider, dans la mauvaise saison, des registres de l'Observatoire de Marseille, on doit remarquer, relativement à l'objet qui nous occupe, qu'il suffit que les mêmes obstacles se reproduisent tous les ans.

Année 1822.

Janvier. Il n'y a pas eu de taches sensibles.

Février. Le 15 on a vu deux petites taches près du bord occidental du Soleil; le 17, elles avaient déjà disparu.

Mars. Le 4, à midi, on a vu une grande tache très-près du bord oriental; le 13, elle était encore visible et entourée d'une pénombre; alors, cinq nouvelles taches la suivaient à une petite distance. Le 14, la grande tache avait disparu; une seule, parmi les cinq autres, ne s'était pas dissipée.

Le 22, un groupe de taches et de facules commence à se détacher du bord oriental de l'astre. Le 23, on voit distinctement que les taches sont au nombre de six; une d'elles, fort grande, a deux

noyaux et est entourée d'une pénombre. Le 23, la pénombre de la grande tache est toujours unique, quoique, dans ce moment, elle renferme trois noyaux distincts. Le 25, on voit quatre noyaux. A la suite, on aperçoit un grand nombre de petites taches occupant, sur le disque, un espace de 4′ de degré. Le 28, plusieurs des petites taches ont disparu. Le 29, on distingue toujours la grande tache; mais les petites, une seule exceptée, se sont évanouies. La grande tache se voyait encore le 2 avril, mais près du bord occidental.

Avril. Le 3, on voit une petite tache, sans pénombre sensible, à une certaine distance du bord occidental.

Le 8, la tache du 3 avait disparu; mais, près du centre du disque, on en voyait un grand nombre de petites. Le 14, il n'en restait plus de traces.

Du 23 au 29, il y a eu sur le Soleil un groupe de petites taches.

Mai. Le 30, plusieurs taches, dont l'une assez grosse, se sont montrées sur le bord oriental de l'astre.

Juin. Les taches du 30 mai, au nombre de cinq, étaient encore visibles le 5 juin; le 7, il n'en restait plus que deux; le 9 tout avait disparu.

Juillet. Le 26, une grande tache très-noire et entourée d'une pénombre se voyait au centre du disque solaire : plusieurs autres petites taches suivaient. Le 31, la grande tache s'était divisée en deux.

Août. On n'a aperçu aucune tache sensible durant le mois d'août.

Septembre. Point de taches.

Octobre. Aucune tache sensible.

Novembre. On n'a point vu de taches sur le Soleil en novembre.

Décembre. Un groupe de petites taches médiocrement obscures s'est montré le 29 de ce mois.

Année 1823.

Juillet. Le 11, une petite tache s'est formée près du bord occidental.

En août, septembre et octobre on n'a point vu de taches.

Décembre. Le 3, à midi, on voyait une grande tache près du bord oriental du Soleil ; elle était entourée d'une large pénombre. Le 10, à midi, la tache noire proprement dite employait $1^s.2$ à traverser le fil horaire; la pénombre ne traversait ce fil qu'en $3^s.5$. Le diamètre de la tache surpassait donc un peu le diamètre de la Terre, et celui de la pénombre était trois fois plus grand. Du 13 au 14, la tache se cacha derrière le bord occidental de l'astre.

Le 22, on aperçut une tache d'une médiocre étendue près du bord oriental.

Le 29, à midi, une belle tache se montra près du bord oriental ; elle était certainement visible le 28, mais les nuages n'avaient pas permis de l'observer. Cette tache, suivant toute probabilité, est celle qui avait disparu, le 14, derrière le bord occidental du Soleil.

Année 1824.

Janvier. Le 10, une grande tache, qui s'était montrée le 29 décembre 1823, se voyait encore.

Février et mars. Point de taches.

Avril. Le 2, on voit un groupe de taches près du bord oriental du Soleil; il ne s'était pas encore dissipé le 5.

Le 21, à midi, une tache fort grande commençait à se dégager du bord oriental du Soleil; les 25 et 27, elle s'était divisée en trois petits noyaux sans pénombre, et disposés à peu près en ligne droite. Le 29, on n'apercevait plus aucune tache dans toute l'étendue du disque solaire.

Mai. Le 25, à midi, M. Gambart remarqua, à Marseille, deux taches solaires très-voisines l'une de l'autre et qui passaient au méridien 12^s après le bord occidental de l'astre. Le mauvais temps n'avait pas permis de les voir à Paris; mais le 27, à midi, on aperçut la plus orientale des deux quand elle commençait à passer dans le second hémisphère du Soleil.

Juin, juillet et août. Aucune tache ne s'est montrée durant ces trois mois.

Septembre. Le 18, à midi, on voyait, à 3^s de temps du bord oriental du Soleil, une grande tache noire située au milieu d'un groupe de facules. Plus près du même bord, mais par une déclinaison un peu différente, deux autres taches, d'assez médiocre étendue, commençaient à s'apercevoir.

Le 22. Toutes ces taches sont encore visibles un peu au-dessous du centre de l'astre.

Octobre. Le 3, à trois heures de l'après-midi, on a aperçu deux groupes de taches; l'un, très-voisin du bord occidental du Soleil, se composait de deux taches noires situées au milieu d'un grand nombre de belles facules. Dans l'autre, plus rapproché du centre, il y avait sept petites taches noires de même nature, mais de plus grandes dimensions, et entourées d'une pénombre sensible; on n'y remarquait aucune facule.

Le 4, le premier groupe s'était déjà caché. L'autre, en se rapprochant du bord, avait changé d'aspect. On commençait à voir des facules dans l'espace occupé par les petites taches noires.

Le 15, il y avait sur le Soleil un groupe composé de trois taches. Le 18, l'une d'elles s'était dissipée; il n'en restait plus que deux. Le 21, elles étaient passées dans l'hémisphère opposé.

Le 19, deux taches fort grandes commençaient à se détacher du bord oriental du Soleil. Le 21, elles avaient déjà changé de forme. Le 25, après que le groupe eut dépassé le centre, il se composait de deux larges noyaux entourés de pénombres et de plusieurs taches noires de moindres dimensions.

Novembre et décembre. Point de taches. Le temps a été si peu favorable aux recherches astronomiques à la fin de 1824, que nous n'aurions pas osé comprendre novembre et décembre dans notre résumé, si M. Gambart n'avait écrit de Marseille, où le ciel a été souvent serein, que là même on n'a aperçu aucune tache sur le Soleil durant ces deux mois.

Année 1825.

Janvier. Pendant ce mois, on n'a pas vu de taches sur le Soleil.

Février. Le 5, à midi, on aperçoit une belle tache noire près du centre. Le 7, la tache du 5 se voit encore; il s'en est formé deux autres.

Le 9, à midi, outre les trois taches du 7, on commence à en découvrir une quatrième près du bord oriental du disque solaire. Le 15, tout a disparu. Pendant le reste de ce mois, le Soleil n'a offert aucune tache noire sensible.

Mars. Le 4, on aperçoit, dans la partie boréale du Soleil, un grand nombre de taches noires; les principales sont entourées de

pénombres. Le 9, à midi, on les voit encore, mais elles vont atteindre le bord de l'astre. Du 14 au 17, on n'a rien découvert qui mérite d'être noté.

Le 28 et le 29, à midi, on découvre, sur le bord supérieur du Soleil, quelques petites taches noires au milieu d'un grand nombre de brillantes facules.

Avril et mai. Point de taches.

Juin. Le 8, il y a sur le Soleil deux taches noires entourées de pénombres; la plus grande emploie 3 secondes de temps à traverser le fil horaire. Le 10, la partie obscure de la grande tache du 8 est partagée en trois segments presque égaux par deux filets de lumière blancs très-déliés; le contour extérieur de la pénombre semble plus obscur que son centre. Le 11, les trois portions de la grande tache ont changé de forme : les filets lumineux qui les séparent sont plus larges; la pénombre unique qui les enveloppe n'a pas partout la même nuance; une traînée de facules se prolonge jusqu'au bord occidental du Soleil; la petite tache s'est évanouie. Le 12, les filets lumineux ont acquis plus de largeur depuis la veille. La pénombre, toujours assez étendue, ne se distingue plus du reste du disque que par une légère différence d'éclat. Quant aux facules, elles sont très-visibles vers le bord de l'astre. Le 13, toutes les taches ont disparu.

Le 15, il s'est formé, depuis le 13, deux groupes de taches vers le bord occidental du Soleil. Le noyau de la plus voisine du centre emploie environ 1 seconde de temps à traverser le fil horaire; sa pénombre est aussi très-étendue. Le 16, les deux groupes se sont fort rapprochés du bord : on aperçoit maintenant, près des taches, des facules très-brillantes. Le 17, à midi, la grande tache est seule visible; sa pénombre touche le bord. Le 18, tout a disparu.

Le 24, à midi, on voit, à l'orient du centre du Soleil, une grande tache noire. La pénombre qui l'entoure paraît sensiblement plus sombre à sa limite extérieure que dans ses points de contact avec le noyau; elle emploie près de 2 secondes de temps à traverser le fil horaire; dans sa partie orientale, une très-petite tache noire commence à se former.

Le 27, à midi, la grande tache a déjà dépassé le centre; la petite la touche maintenant et a ainsi allongé son diamètre horizontal. Deux nouveaux groupes viennent de se montrer au bord oriental du disque et au milieu de facules extrêmement prononcées.

Le 30, on voit toujours la tache du 24. Celles du 27 forment maintenant un groupe très-remarquable qui emploie plus de 3 secondes de temps à traverser le fil horaire. Une grande tache vient

de se montrer près du bord oriental; elle est suivie de beaucoup de brillantes facules.

Juillet. Le 1er, à midi, on ne voit plus la tache du 24 juin : elle a disparu avant d'avoir atteint le bord du Soleil. Le groupe observé le 27 pour la première fois a changé de forme: on y remarque aujourd'hui six grosses taches et un plus grand nombre de petites disposées sur une ligne horizontale; elles emploient environ 4 secondes de temps à traverser le fil horaire. La grande tache de la veille se compose maintenant de quatre noyaux distincts entourés de pénombres fort apparentes. Le 2, à midi, les six grosses taches qu'on remarquait hier dans le groupe du 27 sont très-petites; on y voit à peine des traces de pénombre. Les quatre taches suivantes ont aussi beaucoup diminué, tandis que, sur le bord oriental de l'astre, une belle tache noire vient de se montrer; le contour extérieur de sa pénombre, en apparence elliptique, est beaucoup plus foncé que le reste de sa surface. Entre la tache et le bord du Soleil, on aperçoit de brillantes facules. Le 9, à midi, la tache d'hier est encore visible.

Le 13, on aperçoit sur le Soleil une grosse tache noire entourée de taches semblables, mais de moindres dimensions. Le 21, à midi, le groupe d'hier est encore visible en totalité, mais il atteindra bientôt le bord occidental; la pénombre du noyau principal paraît sensiblement plus large vers le limbe que du côté opposé. Le 22, à midi, la rotation du Soleil a entraîné le plus grand nombre des taches qu'on apercevait la veille dans l'hémisphère opposé à la Terre; le 23, à midi, tout le groupe a disparu.

Ce même jour 23, à midi, une grande tache et sa pénombre se montrent à une certaine distance du bord oriental; de petites taches et des facules très-vives les accompagnent. Le 27, à midi, ce groupe a atteint le centre du disque; le principal noyau emploie environ 2 secondes à traverser le fil horaire, ce qui prouve que son diamètre est à peu près double de celui de la Terre.

Août. Le 1er, à midi, la grande tache du 23 se voit encore vers le bord occidental.

Le 5, on aperçoit une nouvelle tache près du bord oriental.

Le 20, à midi, il y a sur le Soleil trois groupes distincts de belles taches : le premier, composé de deux forts noyaux entourés de pénombres, se trouve à peu de distance du bord occidental et au-dessus du diamètre horizontal; le second, situé, au contraire, au-dessous de ce même diamètre et près de la verticale passant par le centre, offre aussi des pénombres sensibles; le troisième, enfin.

très-voisin du bord oriental, présente deux grands noyaux et des pénombres visibles au premier coup d'œil. Le 22, à midi, le premier de ces groupes est près de disparaître sous le bord occidental. La forme du troisième a changé : il est précédé d'une longue traînée de petites taches dont on ne voyait aucune trace le 20. Le 26, à midi, le second groupe, à son tour, est arrivé près du bord occidental ; le troisième se trouve vers le centre ; la large pénombre qu'on y remarque a une teinte sensiblement plus obscure sur son contour extérieur que dans le voisinage du noyau. Le 27, le troisième groupe seul est visible ; les facules environnantes commencent déjà à se montrer. Le 31, à midi, on aperçoit encore le dernier groupe, mais il touche presque le bord occidental du Soleil.

Septembre. Le 4, à midi, on découvre quelques petites taches entre le centre et le bord occidental du Soleil. Le 9, à midi, les taches du 4 sont encore visibles.

Le 17, à midi, on voit une tache près du bord oriental ; la pénombre dont elle est entourée a plus de largeur du côté du bord que vers le centre ; dans les environs, on remarque beaucoup de brillantes facules.

Le 19, à midi, un nouveau groupe de petites taches s'est formé entre le centre du disque solaire et son bord occidental. La grande tache du 17 a maintenant deux noyaux distincts compris dans la même pénombre. Le 21, l'une des taches de ce dernier groupe est devenue très-grande depuis l'avant-veille ; les deux noyaux de la tache du 17 se sont séparés davantage.

Le 24, à midi, un groupe nouveau, composé d'un grand nombre de petites taches, se voit dans la partie australe du Soleil, entre le centre et le second bord. La tache à deux noyaux s'est affaiblie. Le 26, on n'aperçoit plus la tache à deux noyaux. Le 29, le groupe du 24 est encore visible.

Octobre. Le 23, à midi, il y a trois belles taches sur le disque solaire ; la première a déjà dépassé le centre ; les autres sont moins avancées.

Novembre. On n'a point vu de taches.

Décembre. Le 11, à midi, on aperçoit une belle tache qui est presque en contact avec le bord oriental du Soleil.

Le 20, il y a trois groupes de taches sur le disque solaire. Dans le groupe le plus voisin du bord occidental, on distingue principalement un noyau très-obscur entouré d'une large pénombre ; l'autre, situé près du centre, offre deux gros noyaux noirs ; le troisième, plus

oriental, présente aussi deux noyaux obscurs, mais ils ont de petites dimensions. Le 24, on ne voit plus le premier groupe; les deux autres s'aperçoivent encore, mais ils ont très sensiblement changé de forme. Le 27, le groupe intermédiaire s'est évanoui avant d'atteindre le bord; le troisième ne se compose plus que de deux petites taches très-voisines l'une de l'autre. Le 28, les deux petites taches de la veille se sont extrêmement affaiblies.

Des astronomes et des physiciens très-distingués ont avancé, quelque extraordinaire qu'on le puisse trouver au premier coup d'œil, que l'apparition des taches solaires est l'indice d'une abondante émission de lumière et de chaleur. Les observations thermométriques de l'année 1825 semblent confirmer cette opinion. On vient de voir, en effet, combien en 1825 les taches solaires ont été nombreuses. Qu'on jette ensuite un coup d'œil sur les tableaux météorologiques, et l'on trouvera pour cette année une température moyenne de plus d'un degré supérieure à celle de Paris. Remarquons toutefois qu'attendu la multiplicité et la grande variété des causes qui modifient les températures terrestres, des résultats isolés ne conduisent jamais à des conclusions générales et certaines. C'est en groupant, d'une manière convenable, de longues séries d'observations, qu'on pourra espérer d'apprécier l'influence immédiate des taches. Des tableaux analogues à ceux que nous venons de transcrire fourniront un jour les vrais éléments de cette curieuse recherche, pourvu que l'on s'attache à les rendre complets. Cette considération engagera certainement les astronomes à indiquer désormais sur leurs registres le nombre, la forme et les dimensions des taches dont le disque du Soleil leur paraîtra journellement parsemé. Dans nos climats, sous un ciel

aussi nébuleux, un seul observateur laisserait certainement quelques lacunes; mais il suffit que l'attention soit éveillée à cet égard pour qu'on doive compter à l'avenir sur des résultats satisfaisants.

Année 1826.

Nous allons donner, comme à l'ordinaire, le catalogue des taches solaires qu'on a aperçues à Paris dans l'année. Les physiciens auront ainsi les moyens de rechercher si ces taches ont quelque influence appréciable sur les températures terrestres. Il serait facile de prouver, en comparant seulement les dates, que plusieurs des taches observées dans certains mois étaient des taches déjà signalées précédemment, et ramenées à plusieurs reprises dans l'hémisphère visible par le mouvement de rotation du Soleil. Je n'ai pas cru devoir entrer ici dans des détails de ce genre, afin qu'on ne se méprît point sur le but que nous nous proposons d'atteindre en publiant ce catalogue. Ils ne sont qu'un élément météorologique qui pourrait acquérir de l'importance, si les opinions d'Herschel sur les influences thermométriques des taches se confirmaient.

Janvier. Il y avait, le 4, à midi, deux grandes taches noires vers le bord oriental du Soleil; elles étaient entourées de facules. On apercevait aussi une tache semblable, mais de moindres dimensions, un peu plus loin du même bord. Le 7, on voyait un groupe de taches noires dans le voisinage du centre et une tache très-étendue près du bord oriental. Le 9, à midi, on remarque sur le disque solaire quatre fortes taches au milieu d'un certain nombre de facules et de petits points noirs : c'est le groupe du 7 qui a changé de position et de forme. La grande tache du même jour est encore visible

au milieu d'une large pénombre; une petite tache s'est formée à côté.

Février. Le 26, à midi, une grosse tache, entourée de plusieurs petites, se voyait près du bord oriental du Soleil.

Mars. Le 5, à midi, on voit deux groupes de taches : le premier, peu remarquable, passera bientôt dans l'hémisphère invisible; l'autre se compose d'une grosse tache noire, irrégulière, renfermée dans une large pénombre et d'une multitude de taches fort petites.

Le 7, la grosse tache noire s'était partagée en trois; elle employait 2ˢ.2 à traverser le fil horaire, ce qui montre qu'elle avait un diamètre près de deux fois aussi grand que celui de la Terre. Le diamètre réel de la pénombre était de plus de 12,000 lieues. Au delà du contour noir et bien tranché de la pénombre, se trouvait une traînée d'une quinzaine de petites taches; puis venaient deux taches assez grandes: le tout embrassait une longueur égale à 12 diamètres terrestres. Indépendamment de ce groupe, on voyait dans la partie inférieure du disque, très-près du bord occidental, quatre petits points noirs entourés de beaucoup de facules. Le 8, à midi, il s'était formé, au-dessus de la grande pénombre, une pénombre nouvelle avec une partie noire à son centre. Le 9, la grande tache se composait de quatre noyaux distincts; les dernières taches de la traînée s'étaient réunies en un noyau assez considérable. Le 10, une tache nouvelle commença à se montrer sur le bord oriental; sa pénombre elliptique était plus large et plus claire vers le bord que du côté du centre. Le 11, la tache de la veille et celle du 7 se voyaient encore très-bien; la traînée était à peine perceptible. Le 12, la grande tache du 7 commençant à s'approcher du bord occidental, des facules se montrèrent tout autour. Le 13, elles étaient devenues très-apparentes. Pendant la nuit du 14 au 15, la tache et les facules passèrent dans l'hémisphère invisible. Le 16, il s'était formé près du centre du Soleil dix petites taches très-rapprochées les unes des autres; une tache isolée se voyait beaucoup plus haut. Le 17, à midi, outre les groupes de la veille, on apercevait près du bord oriental une grande tache noire entourée d'une pénombre tranchée et moins large vers le centre que du côté opposé; entre la tache et le limbe solaire il y avait des facules bien distinctes. Le 18, la tache isolée du 16 s'était évanouie; le groupe employait 9ˢ à traverser le fil horaire, ce qui correspond à environ 8 diamètres terrestres; l'espace compris entre la grande tache et le bord du Soleil était remplie de facules; la tache qui s'était montrée le 10, dans la région orien-

tale du Soleil, se voyait encore. Le 28, à midi, il existait sous le diamètre horizontal du Soleil, et très-près du bord occidental, une tache entourée de beaucoup de facules. Le 30, une assez belle tache noire se montra sur le bord oriental du Soleil, au milieu d'une pénombre très-sensible; l'espace qui la séparait de ce bord était rempli de facules.

Avril. Le 1er, à midi, une petite tache s'était formée au-dessous de la grande du 30 mars; celle-ci se voyait parfaitement; entre son bord et celui du Soleil il y avait beaucoup de facules; la pénombre était évidemment plus noire sur le contour extérieur que près du noyau.

Mai. Le 11, à midi, il existait entre le bord occidental du Soleil et son centre une large pénombre au milieu de laquelle on remarquait trois noyaux très-noirs; le tout était suivi d'une traînée de petites taches. Le 15, ce groupe avait passé dans l'hémisphère invisible. Le 16, à midi, un groupe de taches se voyait vers le bord oriental du Soleil; quatre d'entre elles paraissaient assez grandes. Le 18, on aperçut une nouvelle tache fort belle qui s'était dégagée depuis peu du bord oriental; une large pénombre l'enveloppait; de nombreuses et brillantes facules, comme à l'ordinaire, se montraient près du limbe; cette tache était encore visible le 24.

Juin. Le 13, à midi, on voyait une petite tache isolée sur le diamètre horizontal vers l'occident, et un petit groupe au-dessus. Le 14, on apercevait de plus une grande tache qui commençait à se dégager de dessous le bord oriental. Le 15, à midi, la tache isolée avait disparu; le groupe allait disparaître; la tache du 14 s'était avancée; sa pénombre, bien terminée, paraissait plus large vers le bord que du côté du centre; de nombreuses facules suivaient. Le 25. à midi, cette grande tache se voyait encore, mais elle était très-près du bord occidental; deux groupes de nouvelles taches assez petites s'étaient formés depuis la veille, l'un au-dessus, l'autre au-dessous du diamètre horizontal; les jours suivants, ces taches grossirent. Le 27, à midi, on découvrit sur le Soleil, dans la région orientale et au milieu de beaucoup de brillantes facules, deux groupes de taches qui n'existaient pas la veille; une grande tache noire se dégageait en même temps de l'hémisphère opposé; sa pénombre était bien sensible du côté du bord; vers le centre on n'en voyait pas de traces; il y avait un grand nombre de facules aux environs. Le 29, à midi, les deux groupes du 27 s'étaient réduits à une seule et petite tache isolée; la pénombre de la grande tache se

voyait alors tout autour du noyau, mais sa largeur était deux fois plus grande vers le bord que du côté du centre.

Juillet. Le 1er, à midi, outre les deux groupes du 25, alors très-près du bord occidental du Soleil, la grande tache du 27 et la seule petite tache qui fût restée des deux groupes du même jour, on découvrit près du centre une petite tache isolée dont il n'y avait pas de traces la veille. Le 7, à midi, on voyait une très-grosse tache près du bord oriental, au sud du centre; de petites taches et des facules la suivaient; la grande tache du 27 était toujours bien apparente.

Août. Le 8, on voyait deux taches noires assez grandes dans la partie centrale du Soleil; elles étaient presque sous le même parallèle; deux taches extrêmement petites suivaient la seconde. Le 28, à midi, il y avait une fort belle tache près du bord oriental, précédée de deux taches de dimensions beaucoup moindres.

Septembre. Le 21, à midi, on aperçut trois taches assez grandes, qui se touchaient presque, renfermées dans une même pénombre, très-près du bord oriental du Soleil; cette pénombre et les taches qui la précédaient étaient entourées de facules. Le 22, à midi, il n'y avait plus que deux noyaux dans la grande tache de la veille; un nouveau groupe de petites taches et de facules suivait; on découvrait encore une petite tache isolée, près du bord inférieur. Le 29, à midi, les trois noyaux du 21 ne formaient plus qu'une seule tache noire une fois et demie plus large que la terre; le diamètre de la pénombre était trois fois et demie celui de notre globe; une longue tache noire, placée au milieu de beaucoup de facules, venait de dépasser le bord oriental du Soleil.

Octobre. Le 4, à midi, on voyait vers le centre du disque une tache très-longue et très-étroite: c'était probablement celle du 29 septembre; quatre groupes de petites taches la suivaient. Le 21, à midi, on aperçut un nouveau groupe de taches composé de plusieurs noyaux très-noirs entourés d'une forte pénombre.

Novembre. Vers le milieu de ce mois, il y avait sur le disque solaire, au-dessous du diamètre horizontal, un groupe de taches dans lequel on apercevait plusieurs noyaux très-rapprochés les uns des autres et de fortes pénombres; beaucoup de taches de moindres dimensions suivaient les premières.

Décembre. Le 3, à midi, on apercevait trois groupes de taches.

Le 11, on voyait trois grandes taches entourées de facules, très-près du bord occidental, et une grande tache à peu près ronde au milieu d'une pénombre intense vers le centre. Le 25, à midi, il y avait entre le centre et le second bord du Soleil, au-dessus du diamètre horizontal et parmi beaucoup de facules, deux petites taches noires; au dessous une belle tache; plus bas encore, une tache fort belle, aussi précédée d'un grand nombre de petites; une quatrième tache enfin se trouvait entre le centre et le bord occidental. Le 28, à midi, on remarque que les deux petites taches observées le 25, au-dessus du diamètre horizontal, se sont évanouies; quatre grandes taches et beaucoup de petites ont succédé aux deux grandes qui, le 25, étaient placées au sud du centre; la quatrième tache a disparu; mais deux taches nouvelles, l'une petite, l'autre très-belle, se montrent sur le bord oriental; la grande est entourée de facules; sa pénombre, assez large vers le bord, est à peine sensible du côté opposé; enfin, un groupe de taches noires, très-peu étendues, s'est nouvellement formé vers le centre du Soleil.

Année 1827.

Janvier. Le 2, à midi, il y avait près du centre du Soleil une très-belle tache entourée d'une forte pénombre. Le 3, la grande tache du 2 était suivie de six taches de dimensions beaucoup moindres: deux grandes taches s'approchaient du bord occidental; on voyait aussi une tache assez belle près du bord oriental. Le 4, à midi, les deux taches du bord occidental avaient disparu; on ne distinguait plus que les facules environnantes; la grande tache s'était avancée sans trop changer de forme; une petite tache, dont la veille il n'existait pas de traces, la précédait; la tache orientale s'apercevait à merveille. Le 6, on voyait encore les grandes taches du 4, et de plus un groupe de taches fort petites qui s'étaient formées autour de celle qu'on a désignée sous le nom de tache orientale. Le 7, toutes ces taches existaient encore; elles s'étaient seulement rapprochées du bord occidental du Soleil.

Février. Le 17, à midi, on voit une grosse tache au-dessous du centre apparent du Soleil; elle est suivie d'une longue traînée de taches moins considérables. La grosse tache avait disparu le 24, à midi; mais à la même heure, on apercevait deux belles taches nouvelles près du centre, un groupe de taches assez petites qui s'est formé depuis le 23, près du premier bord du Soleil, et sur

le bord opposé une tache dont on ne pouvait pas assigner la forme, tant elle était encore voisine du limbe.

Mars. Il y avait plusieurs taches sur le Soleil dans les premiers jours de ce mois; mais le mauvais temps a empêché de les voir assez nettement pour qu'on les décrive. Le 14, à midi, deux groupes de taches venaient de passer dans l'hémisphère visible. Le 19, à midi, deux grandes taches se voyaient au-dessus du centre du Soleil, au milieu d'un groupe de taches beaucoup plus petites; plus bas, il existait trois grosses taches très-obscures, et tout près, comme à l'ordinaire, un bon nombre de points noirs. Le 24, toutes les taches du 19 s'apercevaient encore. Le 28, à midi, il n'y avait, dans toute la surface visible de l'astre, qu'un groupe de taches très-petites, placé près du centre.

Avril. Le 5, à midi, on voyait, au-dessus du centre du Soleil, un groupe de taches, les unes grandes, au nombre de quatre, les autres petites; elles mettaient de 14 à 15 secondes de temps pour traverser le fil horaire; une petite tache au centre même; enfin une tache entourée de facules près du bord oriental. Le 6, tout paraissait dans le même état que la veille; la tache du centre seulement s'était évanouie. Le 12, il y avait trois groupes de petites taches, un vers le centre, et deux autres entre le centre et le bord oriental du Soleil. Le 15, on voyait toutes les taches du 12, et de plus, deux petites taches nouvelles à l'orient. Le 17, à midi, on n'apercevait que deux taches isolées vers le bord occidental. Le 18, les taches du 17 étaient suivies d'une tache nouvelle; on voyait de plus un groupe nombreux renfermant deux taches assez belles entre le centre et le bord oriental. Le 24 et le 25, des taches nouvelles en assez grand nombre s'étaient ajoutées au groupe du 18. Le 26, il y avait cinq groupes de taches distincts dans l'hémisphère visible du Soleil.

Mai. Je ne trouve dans les registres de l'Observatoire aucune indication de taches durant le mois de mai; il est cependant très-probable que plusieurs se sont montrées, mais l'astronome chargé de la lunette méridienne n'aura pas eu le soin d'en faire mention; dans le mois de mai, on n'observe pas le Soleil au cercle répétiteur.

Juin. Le 1er, à midi, il y avait deux groupes de petites taches dans le voisinage du centre du Soleil.

Juillet. Le 2, à midi, il existe deux groupes de petites taches vers le bord oriental du Soleil; un groupe près du centre, et une grande tache dans le voisinage du bord occidental. Le 4, on voit encore les

trois groupes du 2. Le 7, il y a deux groupes de taches, l'un au bord oriental, l'autre au bord occidental : tous deux sont entourés de facules; un autre groupe est placé au centre. Le 9, à midi, le groupe oriental du 7 est maintenant au centre ; celui qu'on voyait au centre, est près du bord occidental ; le groupe occidental a disparu. Le 25, à midi, il y a deux taches au bord oriental ; la plus voisine du limbe est entourée de facules. Le 27, outre les taches du 25, on voyait une tache nouvelle près du centre. Le 31, à midi, il existait deux groupes de belles taches vers le centre.

Août. Le 1er, à midi, on voyait, outre les deux groupes du 31 juillet, une petite tache au bord oriental. Le 3, on apercevait les deux groupes, la tache du 1er et deux petites taches nouvelles près de ce même bord oriental. Les 24 et 25, à midi, on voyait près du centre une grande tache noire entourée de quelques taches fort petites; et deux groupes, l'un vers le bord oriental, l'autre vers le bord occidental.

Septembre. Le 2, à midi, deux groupes de taches s'aperçoivent vers le bord oriental du Soleil. Le 18, il y a une grande tache entourée d'une forte pénombre ; six petites taches la précèdent. Le 23, à midi, on voit quatre groupes de taches : l'un vers le bord occidental ; deux autres sont compris entre ce bord et le centre, le quatrième, composé de taches très-faibles, est situé près du bord oriental.

Octobre. Le 2, il y avait sur le Soleil plusieurs groupes de taches dont les nuages ne permirent pas d'observer exactement la configuration. Le 6, à midi, on apercevait : 1° deux taches au bord oriental ; 2° un groupe de taches très-rapprochées les unes des autres vers le centre ; 3° beaucoup au-dessous du centre une tache isolée ; 4° enfin, un groupe où l'on distinguait huit taches principales assez grandes, vers le bord occidental. Le 7, à midi, on voyait, outre les taches d'hier, un nouveau groupe de trois taches entourées de facules, près du bord oriental. Le 8, à midi, toutes les taches du 7 étaient encore visibles; le groupe que le mouvement de rotation du Soleil avait rapproché du bord occidental, offrait beaucoup de facules.

Novembre. Le 10, à midi, on voyait deux groupes de taches dans la partie inférieure du Soleil.

Décembre. Le 7, à midi, il y avait sur le Soleil, dans le voisinage de son centre : 1° une énorme tache entourée d'une forte pénombre et de plusieurs taches très-petites; 2° deux groupes de petites

taches noires près des deux bords opposés. Le 11, à midi, on voyait, près du centre, une grande tache noire entourée d'une large pénombre et suivie d'un certain nombre de taches fort petites, et vers le bord occidental, deux larges taches à pénombre bien distincte, accompagnées de plusieurs taches moindres. Le 16, à midi, on apercevait deux grandes taches très-près des deux bords du Soleil; toutes deux avaient une pénombre elliptique bien distincte, sensiblement plus large vers le bord que du côté du centre. Le 25, à midi, un groupe très-considérable, situé au bord occidental, se faisait remarquer par cinq belles taches. Le 30, on voyait, au bord oriental, beaucoup de facules qui entouraient une grande tache noire, et deux groupes de taches assez remarquables, l'un au-dessus, l'autre au-dessous du centre du Soleil.

Année 1828.

Janvier. Le 2, la grande tache, qu'on avait aperçue au bord oriental le 3 décembre 1827, est maintenant entourée d'une large pénombre et précédée de quelques petites taches nouvelles. Le groupe qu'on voyait au-dessus du centre s'est évanoui; celui du dessous existe encore. Le 4, on voit toutes les taches du 2, et, de plus, au bord oriental, une nouvelle tache entourée de beaucoup de facules. Le 20, on voit quatre groupes de taches; le plus considérable est à l'occident et dans la partie inférieure du disque; deux de ces groupes sont sur le diamètre horizontal, l'un à l'orient et l'autre à l'occident du centre; le quatrième a déjà dépassé le centre et se trouve dans l'hémisphère nord; il y a enfin une belle tache et beaucoup de facules près du bord oriental. Le 21 et le 23 les quatre groupes se voyaient encore, et la tache orientale était suivie d'une tache nouvelle entourée de beaucoup de facules.

Février. Le 3, il y a sur le Soleil quatre groupes de taches. Le 11, groupe très-étendu où l'on remarque surtout cinq grandes taches entre le bord occidental et le centre du Soleil. Le 17, longue traînée de taches dans la partie inférieure du disque; petit groupe au-dessus du centre. Le 18, toutes les taches du 17. Le 19, trois groupes, l'un près du centre, les deux autres entre le centre et le bord supérieur. Le 22, deux des anciens groupes se voient encore; une tache nouvelle se montre au bord oriental.

Mars. Le 15, près du centre, se trouve une traînée où l'on remarque trois grandes taches et des facules; près du bord oriental,

on voit un groupe composé de taches considérables et une nébulosité sans noyau apparent. Le 24, une énorme tache est située près du centre; elle est suivie d'une traînée de facules qui se dirige sur une seconde tache un peu moins grande. Le 26, la grande tache, y compris la pénombre, employait 3 secondes de temps à traverser le fil vertical de la lunette méridienne; la tache voisine s'était affaiblie et avait diminué de grandeur; deux nouvelles taches se montraient près du bord oriental. Le 31, il n'y a plus sur le Soleil que deux petites taches entre le centre et le bord occidental.

Avril. Le 5, deux petites taches très-allongées se voient près du bord occidental. Le 6, deux faibles taches existent entre le centre et le bord occidental. Le 8, deux groupes se trouvent entre le centre et le bord occidental. Le 9, deux taches distinctes sont près du second bord. Le 11, deux groupes nouveaux se sont montrés au bord oriental. Le 13, les deux groupes du 11 se voient encore. Le 18, on aperçoit une grande tache. Le 25, quatre grandes taches s'observent : une près du bord oriental; une autre près du bord occidental; la troisième et la quatrième entre ce dernier bord et le centre. Le 29, il y a un faible groupe près du bord occidental; un autre groupe dans le voisinage du centre; une belle tache isolée entre le centre et le bord oriental. Le 28, on voit trois groupes distincts. Le 29 et le 30, deux groupes se détachent vers le bord occidental du Soleil; quelques petites taches existent dans le voisinage du centre.

Mai. Le 9, à travers une éclaircie, on a aperçu sur le Soleil une énorme quantité de grandes taches; on les voyait aussi le 10. Le 13, il y avait un groupe de taches près du bord oriental et une tache isolée au bord opposé. Le 23, deux groupes très étendus existent près du centre. Le 27, une tache très belle, suivie de plusieurs petites, était près d'atteindre le bord occidental du Soleil; sept taches placées presque en ligne droite se voyaient près du centre; un nouveau groupe, enfin, commençait à se dégager du second bord.

Juin. Le 14, on voit une grande tache et deux petites au bord oriental; beaucoup de facules aux environs; un groupe de petites taches près du centre; deux groupes au bord occidental. Le 16, les deux groupes du bord occidental avaient seuls disparu; le noyau de la grande tache employait 2ˢ.2 à traverser le fil horaire, et la pénombre 3ˢ.5; ainsi le diamètre du noyau était près de quatre fois aussi grand que le rayon de la Terre. Le 19, un groupe situé très-près du bord oriental et une petite tache isolée étaient venus s'ajouter aux taches

des jours précédents. Le 21, deux nouveaux groupes s'étant montrés, il y en avait huit en tout. Le 22, il ne survint d'autre changement que le déplacement ordinaire. Le 25, deux nouveaux groupes passèrent dans l'hémisphère visible. Le 27, le bord oriental était couvert de facules : aussi, un groupe de taches noires venait de se montrer. Le 28, un second amas de facules annonça, vers le bord occidental, l'arrivée de nouvelles taches noires; ces taches formaient deux groupes distincts; on voyait, de plus, une tache isolée. Le 29, il y avait en tout, sur l'hémisphère visible, trois taches séparées et trois groupes. Le 30, un des trois groupes de la veille était passé dans l'autre hémisphère.

Juillet. Le 3, on voit sur le Soleil une tache isolée; un premier groupe de quatre taches assez grandes; un deuxième groupe où l'on n'en compte que deux. Le 4, outre les taches noires de la veille, on aperçoit beaucoup de facules vers le bord occidental. Le 19, il y a quatre belles taches. Le 30, on ne voit plus qu'une seule tache; encore est-elle très-près de disparaître sous le bord occidental.

Août. Le 1er, on voit deux taches vers le bord oriental. Le 5, les deux taches du 1er s'approchent du bord occidental; mais il y en a maintenant quatre autres entre le bord opposé et le centre de l'astre. Le 20, on voit un groupe assez étendu de petites taches, et quelques autres taches isolées vers le bord occidental; une grande tache se dégage du bord occidental. Le 24, il n'y a plus qu'une seule tache noire sur le Soleil.

Septembre. Le 5, il y a cinq groupes de taches dans diverses parties du disque solaire. Le 6, outre les cinq groupes d'hier, un sixième se montre au bord oriental. Le 7, un des groupes du 5 est maintenant dans l'hémisphère invisible; on n'en aperçoit plus que cinq. Le 8, on voit toujours cinq groupes comme la veille, et de plus quelques nouvelles taches au bord oriental. Le 13, on voit encore trois des anciens groupes. Le 17, il n'y a plus qu'un seul groupe de trois taches vers le bord occidental. Le 19, on voit deux taches au bord occidental. Le 20, les deux taches du bord occidental vont disparaître; mais une autre tache se montre au bord oriental. Le 21, la tache du bord oriental est très-grande et entourée de facules; une nouvelle tache s'est formée depuis hier entre le centre et le bord occidental. Le 25, il y a deux groupes de petites taches près du centre. Le 26, l'un des deux groupes du 25 s'est évanoui; mais une tache assez grande se montre au bord oriental

au milieu de beaucoup de facules. Le 28, on ne voit plus que la tache qui, le 26, était près du bord oriental.

Octobre. Le 2, on voit une belle tache au centre du disque; deux petites taches presqu'en contact, vers le bord oriental. Le 3, on voit toutes les taches du 2, et, de plus, de belles facules se montrent au bord oriental. Le 15, on voit quelques petites taches au centre; un groupe de taches très-belles vers le bord oriental. Le 19, une petite tache existe au bord oriental; une autre au bord occidental, et on voit, vers le centre, le groupe aperçu le 15. Le 20, on observe toutes les taches du 19, et, de plus, un groupe qui se montre au bord oriental. Le 21, on voit les mêmes taches que le 20.

Novembre. Le 4, on observe une belle tache vers le bord oriental et une tache énorme entre ce même bord et le centre. Le 5, la grande tache emploie $2^s.5$ de temps à traverser le fil horaire, et la pénombre 4^s. Le 22, une belle tache commence à poindre vers le bord occidental; quelques taches assez petites s'aperçoivent çà et là sur divers points du disque. Le 25, il y a deux taches sur le Soleil; l'une est placée vers le centre du disque et l'autre près du bord occidental.

Décembre. Le 2, il y a un groupe de taches près du centre du disque solaire. Le 9, on apercevait deux groupes de petites taches vers le limbe oriental.

Année 1829.

Nous continuons à donner le tableau annuel des changements que la surface du Soleil a éprouvés, dans la persuasion que ces observations pourront servir à décider un jour si les taches solaires exercent une influence sensible sur les températures terrestres. L'inconstance du climat, à Paris, ne nous permet pas d'espérer que ces tableaux seront complets. Nous avions compté, pour combler les lacunes, sur la participation des autres astronomes, et cela avec d'autant plus de raison qu'une indication suffisante du nombre et de la grandeur des taches

peut être obtenue sans aucun surcroît de travail, soit au moment où, dans chaque observatoire, on prend la hauteur méridienne du Soleil, soit pendant le temps que cet astre emploie à traverser le champ de la lunette méridienne. Je ne me chargerai pas d'expliquer pourquoi si peu d'observateurs jusqu'ici se sont associés à une recherche qui semble devoir amener la solution d'une des questions les plus curieuses qu'on puisse se proposer sur la physique terrestre.

Janvier. Le 1er, il y a trois belles taches près du centre.

Février. Le 2, plusieurs groupes de taches forment une traînée presque continue entre les deux bords du Soleil. Le 28, trois groupes s'aperçoivent dans la partie orientale du disque.

Mars. Le 6, on voit onze belles taches formant quatre groupes distincts. Le 7, outre les taches du 6, on en aperçut une nouvelle près du bord oriental. Le 11, il y a cinq grosses taches noires dans l'hémisphère visible. Le 21, une petite tache se montre vers le bord occidental; deux groupes existent dans le voisinage du centre; une grande tache entourée d'une large pénombre, en fait partie. Le 26, les taches d'hier se voient encore, mais on aperçoit en outre, au-dessus du centre, une traînée de taches nouvelles dont il n'y avait aucune trace le 25.

Avril. Le 2, il y a un grand nombre de taches près du bord occidental: deux belles taches noires dans le vertical du centre; de petites taches dans d'autres parties du disque. Le 3, le groupe occidental est encore visible; les autres taches ont singulièrement changé de forme depuis hier. Le 15, on voit trois groupes de belles taches: deux près du centre, le troisième vers le bord oriental. Le 17, trois groupes se montrent: l'un à l'orient, l'autre à l'occident, le troisième près du centre. Le 19, on voit encore trois groupes: l'un près du centre, les deux autres entre le centre et le bord occidental. Le 20, on compte quatre groupes.

Mai. Le 13, on compte quatre petites taches. Le 17, on ne voit plus qu'une des quatre taches du 13, mais il s'en est dégagé trois nouvelles du bord oriental. Le 22 les trois taches signalées le 17

pour la première fois se trouvent maintenant vers le centre du disque : deux d'entre elles sont noires et assez grandes.

Juin. Le 14, on voit une traînée de petites taches près du centre du Soleil. Le 15, outre la traînée d'hier, on voit deux taches nouvelles près du bord oriental. Le 16, tout se montre comme le 15, sauf le déplacement. Le 20, il y a un groupe vers le bord occidental ; deux taches vers le centre. Le 24, on voit deux taches au bord occidental ; il y a aussi un groupe de cinq taches vers le centre, plus trois grandes taches vers le bord oriental, au milieu de beaucoup de facules.

Juillet. Le 7, on voit trois groupes de petites taches, et, en outre, au bord oriental, une tache située au milieu de beaucoup de facules ; vers le bord occidental, on voit aussi deux taches fort éloignées en déclinaison. Le 8, l'aspect est le même que le 7.

Août. Le 1er, on voit quatre groupes de très-belles taches. Le 2, on s'est assuré aujourd'hui que le noyau d'une des taches emploie près de 5 secondes à traverser le fil. Ainsi, son diamètre était quatre fois plus grand que celui de la Terre. Le 4, le grand noyau observé le 2 est maintenant partagé en trois.

Septembre. Le 4, on voit trois taches au bord occidental et une au bord oriental ; toutes les quatre sont entourées de facules. Le 8, il apparaît un groupe de deux noyaux entourés d'une seule et même pénombre. Le 11, on voit la tache du 8. Le 14, la tache du 8 se voit encore ; elle approche du bord occidental. Le 17, deux groupes, situés au sud du centre, renferment trois grandes taches et beaucoup de petites ; une multitude de facules se montrent au bord oriental. Le 25, on voit trois belles taches voisines du centre. Le 26, on voit trois grandes taches noires ; deux autres taches se montrent non loin du bord oriental ; le bord occidental est parsemé de brillantes facules. Le 28, on voit trois petits groupes de taches vers le bord oriental, et une tache isolée au delà du centre. Le 29, il s'est formé un nouveau groupe de taches à l'orient de celles qu'on voyait hier. Une petite tache noire apparaît au bord oriental, au milieu d'une brillante facule ronde.

Octobre. Le 2, on voit une groupe où l'on distingue trois taches principales vers le centre ; une grande tache se montre au bord oriental. Le 2, il y a deux taches près du centre ; l'une des deux est très-grande et très-noire. Le 20, on voit de très-belles taches près du bord oriental. Le 21, il y a trois beaux groupes de taches entre

le centre et le bord oriental. Le 22, les trois groupes d'hier se voient à merveille; de nouvelles taches commencent à se montrer au bord oriental: le bord opposé, enfin, présente les plus vives facules. Le 25, on voit trois groupes de belles taches noires. Le 30, il y a deux groupes de petites taches, l'un à l'orient, l'autre à l'occident du centre; une tache noire est très près du bord oriental; de nombreuses facules se voient sur les deux bords.

Novembre. Le 2, on voit deux groupes renfermant chacun deux taches assez belles, entre le centre et le bord occidental, et deux taches isolées, bien noires, entre le bord occidental et le centre. Le 5, on voit cinq belles taches isolées. Le 6, on voit les cinq taches d'hier; mais il y en a maintenant trois qui forment de petits groupes; une tache nouvelle se voit près du bord oriental. Le 7, on observe les mêmes taches que le 6. Le 8, il y a dix taches sur le Soleil : la principale est fort grande, la plus orientale est double. Le 16, on voit deux petites taches seulement : l'une très-près du bord occidental, l'autre à l'opposite, presque en contact avec le bord oriental. Le 17, il y a six petites taches; des facules sur les bords; presque toute l'étendue du disque solaire présente aujourd'hui des stries lumineuses et obscures. Le 18, on voit trois groupes et une tache isolée formant un total de huit noyaux; il existe beaucoup de facules aux bords et de nombreuses stries comme hier. Le 23, on voit sept petits noyaux noirs et deux groupes. Le 25, on observe deux groupes : l'un de trois petits noyaux, l'autre de deux grands et d'un petit. Le 26, les deux groupes d'hier sont maintenant très-près du bord occidental; deux nouveaux noyaux, entourés de taches très-petites, se sont formés dans le voisinage du centre.

Décembre. Le 1er, on voit une grande tache et deux très-petites près du bord oriental; une petite tache se montre dans le voisinage du bord opposé. Le 3, on voit trois groupes composés de douze noyaux entre le centre et le bord oriental; de ces douze noyaux, trois sont très-gros et très-noirs. Le 6, on voit neuf taches, dont trois assez grandes; l'une de ces dernières est très-près du bord oriental du Soleil. Le 7, une belle tache noire isolée apparaît vers le bord oriental: près du centre, il y a une grande tache noire au-dessous de laquelle se trouve une rangée de noyaux très-petits et très-ternes; une tache assez belle, précédée de trois petits noyaux gris, s'aperçoit vers le bord occidental. Le 8, on voit deux grands noyaux et deux groupes de très-petites taches. Le 13, il y a beaucoup de facules aux deux bords; une tache au bord occidental. Le 14, on voit deux taches à l'occident; deux petites vers le

centre : une au bord oriental et un groupe considérable entre ce même bord et le centre. Dans ce groupe, on remarque particulièrement une large pénombre.

Année 1830.

Nous continuons à présenter le tableau des changements que la surface du Soleil a éprouvés, quoique le mauvais temps et des devoirs auxquels cette année nous n'avons pas cru pouvoir nous soustraire, aient souvent mis obstacle aux observations.

Janvier. Le 10, on aperçoit un immense groupe dans lequel se font remarquer, entre le centre et le bord oriental, trois superbes noyaux; il y a aussi une belle tache presque en contact avec le bord oriental. Le 17, trois groupes distincts et une tache isolée présentent un total de dix noyaux, parmi lesquels il y en a plusieurs de forts grands, surtout près du bord occidental. Le 26, un seul groupe de trois petites taches, parmi de belles facules, s'aperçoit très-près du bord oriental. Le 31, il y a un groupe fort étendu de très-petites taches près du centre du Soleil ; ce groupe présente sept faibles noyaux.

Février. Le 2, on voit deux petites taches très-près du bord oriental; deux petites taches entre ce même bord et le centre; deux taches isolées et à peine visibles un peu à l'occident du centre. Le 3, il y a deux groupes, l'un très-près du bord oriental, l'autre entre ce même bord et le centre : dans chacun d'entre eux on distingue quatre petits noyaux. Le 14, on voit un groupe où l'on remarque quatre noyaux principaux entre le bord oriental et le centre ; une tache ronde isolée entre le centre et le bord occidental; trois grandes taches presque en contact avec ce même bord occidental. Le 17, on voit deux groupes de taches : l'un, renfermant deux gros noyaux, est situé entre le bord oriental et le centre; l'autre, où l'on remarque aussi deux noyaux principaux, se trouve entre le centre et le bord occidental. Le 19, on voit un groupe dans le vertical du centre; deux petites taches près du bord occidental; une belle tache très-près du bord oriental. Le 21, on voit deux taches de grandeur moyenne, l'une entre le bord occidental

et le centre, l'autre entre le centre et le bord oriental. Le 24, on observe deux taches isolées : l'une plus orientale, l'autre plus occidentale que le centre ; de plus, un groupe de trois belles taches très-près du bord oriental. Le 28, on voit un large groupe où l'on remarque cinq taches principales, dont trois sont fort belles.

Mars. Le 2, il y a trois taches un peu à l'occident du centre. Le 5, deux très-belles taches existent entre le bord occidental et le centre. Le 14, on voit deux belles taches un peu à l'orient du centre ; deux belles taches entre le centre et le bord occidental du centre ; deux belles taches entre le centre et le bord occidental ; des taches plus faibles près du bord oriental. Le 16, il y a trois taches, dont deux un peu à l'occident du centre, et la troisième près du bord occidental. Le 19, on voit deux taches près du bord occidental. Le 21, deux taches se montrent à quelque distance du bord oriental. Le 22, les deux taches du 21 n'ont pas encore atteint le centre du disque. Le 23, les taches qu'on voyait la veille sont maintenant parvenues au centre, mais il y en a trois au lieu de deux ; trois taches nouvelles, moins fortes, se sont formées au-dessous des premières. Le 25, on voit encore les deux groupes de taches signalés le 23. Le 26, il ne s'est pas montré de nouvelles taches, on voit seulement celles de la veille ; le second groupe s'approche du bord occidental. Le 29, le second groupe n'est pas encore passé dans l'autre hémisphère ; un petit amas de faibles taches s'aperçoit au-dessus du centre. Le 30, on ne voit plus que l'amas signalé la veille ; on y distingue cinq taches principales. Le 31, il n'y a toujours dans l'hémisphère visible que le groupe du 29 mars.

Avril. Le 5, on voit deux petites taches à quelque distance du bord oriental ; une petite tache près de l'autre bord. Le 8, il y a trois taches vers le centre ; deux petites taches près du bord oriental. Le 9, on voit les taches de la veille. Le 10, on ne voit encore que les taches du 8. Le 13, on voit quatre taches près du bord occidental, et un large groupe de petites taches dans le vertical du centre. Le 25, on aperçoit huit taches répandues sur un assez grand espace, toutes à l'orient du vertical du centre. Le 26, on voit les taches de la veille. Le 28, on voit toujours le même large groupe avec quelques changements.

Mai. Le 4, les anciennes taches sont maintenant dans l'hémisphère invisible ; on ne voit plus aujourd'hui qu'un faible groupe à l'orient du vertical du centre. Le 14, on voit deux taches près du centre, l'une à l'orient, l'autre à l'occident.

Juillet. Le 15, il y a deux groupes de petites taches, l'un près du centre, l'autre dans le voisinage du bord occidental.

Septembre. Le 1er, on voit deux taches à l'orient et deux taches à l'occident du centre du Soleil. Le 19, il y a trois petites taches près du bord occidental ; une petite tache isolée à l'orient du centre.

Octobre. Le 6, on voit une très-belle tache dans le vertical du centre du Soleil ; un très-grand groupe vers le bord occidental. Le 8, quelques taches du groupe occidental du 6 sont encore visibles ; la grande tache centrale du même jour a peut-être grossi ; deux nouvelles taches ont apparu vers le bord oriental. Le 10, la grande tache est près du bord occidental ; les deux autres sont maintenant voisines du vertical du centre. Le 17, on voit un groupe d'énormes taches près du centre. Le 20, le groupe du 17 est toujours visible.

Novembre, le 10. Il y a cinq groupes de taches sur le Soleil. Deux des noyaux sont très-larges et d'une obscurité remarquable.

III

RAPPORT SUR UN MÉMOIRE DE M. LAUGIER, RELATIF AUX TACHES DU SOLEIL [1]

Il n'y a presque pas d'astronome qui, en entrant dans la carrière, ne cède plus ou moins à la tentation d'étudier la rotation du Soleil, de déterminer la vitesse de ce mouvement, la position de la ligne des pôles, l'inclinaison de l'équateur solaire à l'écliptique ; qui ne se flatte d'arriver, par la comparaison de ses propres résultats avec ceux de Scheiner, d'Hévélius, de Lalande, etc., à quelque importante conséquence touchant la constance ou la variabilité de ces éléments.

1. Rapport lu à l'Académie des sciences dans la séance du 14 novembre 1842, au nom d'une Commission composée de MM. Mathieu, Liouville, Arago rapporteur.

Telle était sans doute l'espérance que M. Laugier avait conçue, lorsqu'en dehors des travaux quotidiens, pénibles, assujettissants qui lui sont confiés par le Bureau des longitudes, il entreprenait les observations particulières dont l'Académie nous a chargés de lui rendre compte.

M. Laugier a consigné dans son Mémoire 29 séries d'observations de 29 taches différentes; chaque série a été calculée à part, avec le plus grand soin et par les meilleures méthodes. Leur ensemble donne :

$25^{\text{jours}}.34$ pour la durée de la rotation complète du Soleil autour de son centre;

$7^{\circ}\ 9'$ pour l'inclinaison de l'équateur solaire sur l'écliptique;

$75^{\circ}\ 8'$ pour la longitude du nœud ascendant de cet équateur, comptée de l'équinoxe de 1840.

Le nombre $25^{\text{j}}.34$ diffère d'environ 2 heures du résultat donné par Lalande et presque généralement adopté. Si cette différence doit surprendre, c'est surtout à cause de sa petitesse : jadis, en effet, on ne déterminait la rotation solaire qu'à l'aide de taches d'un grand diamètre et qui restaient visibles pendant plusieurs révolutions consécutives, tandis que M. Laugier est arrivé au but à l'aide d'observations séparées seulement par des intervalles d'un, de deux, de trois..., et au plus de huit jours. Une telle hardiesse eût certainement jeté un observateur moins habile dans la plus grande confusion.

M. Laugier a rapporté loyalement les résultats de toutes ses combinaisons partielles, sans se préoccuper en aucune manière des discordances qui pouvaient s'y trouver. Ces discordances sont assez fortes. Par exemple dans le tableau renfermant la durée de la rotation du

Soleil, nous trouvons un maximum de 26^{jours}.23 et un minimum de 24^{j}.28, nombres qui diffèrent de la moyenne, en plus ou en moins, d'environ un jour entier.

En considérant l'ensemble des travaux exécutés par les astronomes, depuis Scheiner jusqu'à notre époque, nous étions fort disposés à croire que les grandes discordances dont il vient d'être fait mention ne dépendaient pas simplement d'erreurs qui auraient pu se glisser dans les mesures micrométriques. Cette opinion n'est plus maintenant pour vos commissaires à l'état de conjecture. L'auteur du Mémoire a discuté les observations et disposé les résultats de ses calculs de manière à mettre en complète évidence que toutes les taches solaires ne se meuvent pas avec la même vitesse, qu'elles ne font pas le tour entier du Soleil dans des temps égaux.

Transcrivons les nombres relatifs aux deux taches qui ont fourni les résultats extrêmes déjà cités, et cette importante conséquence deviendra manifeste.

La première de ces taches, celle qui en moyenne a conduit à une durée de rotation de 24^{j}.28, n'a pu être observée que du 24 au 27 mai 1837. La première observation, celle du 24, comparée à l'observation du 27, donne 24^{j}.28;

L'observation du 25 et celle du 27 combinées, donnent 24^{j}.17;

Enfin, les observations du 24 et du 25, malgré leur extrême rapprochement, donnent 24^{j}.36.

On trouve presque le même accord en fractionnant d'une manière analogue la série qui a conduit à une rotation moyenne de 26^{j}.31.

Le 20 et le 28 mai donnent..........	26j.31
Le 21 et le 28......................	26 .05
Le 20 et le 27......................	26 .36
Le 20 et le 26......................	26 .48
Le 23 et le 27......................	26 .07

Des observations défectueuses ne donneraient pas constamment 24 jours plus une fraction pour la première tache et 26 jours plus une fraction pour la seconde.

Au reste, ce n'est pas seulement sur des séries de cette nature que M. Laugier a établi le déplacement propre des taches. Il est arrivé à la même conséquence en déterminant, quand les circonstances s'y prêtaient, l'arc de la sphère solaire qui séparait deux taches visibles simultanément. Ainsi le 29 juin 1838, deux taches étaient à 45° 47′ de distance angulaire :

Le 30 cette distance avait diminué ; elle ne s'élevait plus qu'à.................	44° 29′
Le 2 juillet M. Laugier trouva...........	46 2
Le 3................................	46 39
Le 4................................	46 32

Le 24 mai 1840 deux taches se trouvaient à 78° 30′ de distance angulaire ; le 27 cette distance n'était plus que de 73° 32′. En attribuant, comme tout porte à le faire, ce changement de 5° au déplacement d'une seule des deux taches, l'auteur trouve que sa vitesse propre était de 111 mètres par seconde.

Aux yeux de tout astronome il y a dans ces arcs de distance des différences évidemment supérieures aux incertitudes des observations. Peut-être, néanmoins, serait-il convenable d'ajouter au Mémoire une série de tableaux, simples transformations de ceux qui s'y trou-

vent déjà, et dans lesquels, à côté des erreurs exprimées en secondes de degré dont les mesures micrométriques sont susceptibles, figureraient les corrections, également évaluées en secondes, que les observations devraient subir, pour que les déterminations extrêmes sur le temps de la révolution du Soleil ou sur les distances respectives des taches, devinssent égales aux déterminations moyennes. De pareils tableaux seraient, ce nous semble, plus clairs, plus significatifs que ceux dont l'auteur du Mémoire s'est contenté. Nous désirerions encore que M. Laugier montrât par des chiffres que les déplacements propres de taches dont son travail présente tant d'exemples n'ont pas été seulement des changements de forme, des altérations dans la configuration des contours; nous voudrions que les lecteurs du Mémoire, dispensés de tout calcul minutieux, pussent reconnaître d'un coup d'œil que dans le passage du bord oriental du disque solaire au bord occidental, telle ou telle tache a fait assez de chemin à la surface de l'astre pour se trouver tout entière en dehors de la place qu'elle aurait occupée si elle eût été fixe. Ces preuves démonstratives de déplacement des taches n'exigeront de la part de l'auteur que quelques heures de calcul et la rédaction d'un simple tableau.

En comparant, jour par jour, les déclinaisons héliocentriques des taches observées simultanément, M. Laugier a fait une remarque singulière. Il a trouvé que ces déclinaisons, quand elles sont de même signe, varient, en général, dans le même sens, comme si les taches de chaque hémisphère s'approchaient ou s'éloignaient des pôles, d'un mouvement commun. L'auteur présente ce curieux

résultat avec une juste réserve. On doit l'inviter à en poursuivre activement la vérification et à rechercher si quelque chose de commun ne s'observerait pas aussi dans la composante du déplacement propre des taches parallèles au plan de l'équateur solaire.

Galilée donnait les 29es degrés de déclinaison héliocentrique nord et sud pour les limites au delà desquelles aucune tache n'apparaissait. Ces limites ont été successivement portées : par Scheiner, à 30°; par Messier, à 31°; par Méchain, à 40°. M. Laugier les a étendues jusqu'à 41°.

En résumé :

Le Mémoire de M. Laugier renferme, pour notre époque, les meilleurs éléments moyens de la rotation du Soleil qui soient venus à notre connaissance.

On y trouve une démonstration évidente du déplacement propre des taches.

Si des observations ultérieures confirment la remarque, dont nous avons rendu compte, sur les mouvements propres semblablement dirigés que paraissent éprouver les taches situées dans un même hémisphère, l'auteur aura jeté un jour nouveau sur la constitution physique du Soleil.

Le jeune astronome rapporte enfin des observations intéressantes et délicates sur la manière dont la pénombre pénètre ordinairement dans le noyau central et s'efface.

Vos commissaires pensent que le Mémoire de M. Laugier est digne de l'approbation de l'Académie et d'être inséré dans le *Recueil des savants étrangers*.

SUR LES COMÈTES

[En 1832, M. Arago a publié dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* une Notice très-détaillée sur les comètes; cette Notice, revue et augmentée, a été introduite dans son entier dans l'*Astronomie populaire* (liv. XVII, t. II, p. 261 à 481; liv. XX, chap. XI, XVI et XXXI, t. III, p. 107, 242 et 368; liv. XXI, chap. XXI et XXII, t. III, p. 452 et 455; liv. XXIII, chap. VI, t. IV, p. 27; liv. XXV, chap. XLIV, t. IV, p. 173; liv. XXIX, chap. X, t. IV, p. 472; liv. XXXII, chap. XXVI, t. IV, p. 625). Les notes suivantes complètent les travaux de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie sur ce sujet.]

I

SUR LA DÉCOUVERTE DE LA PÉRIODICITÉ DE LA COMÈTE D'ENCKE

Le procès-verbal des séances du Bureau des longitudes, du 15 novembre 1805 et du 17 janvier 1806, constatent que j'ai calculé à cette époque l'orbite de la comète observée en 1805.

Le 26 novembre 1818, Pons ayant découvert une comète à Marseille, et Bouvard en ayant présenté les éléments paraboliques au Bureau des longitudes le 13

janvier 1819, je fis aussitôt la remarque que les résultats du calcul de Bouvard ressemblaient trop aux éléments de la comète observée en 1805, pour qu'on ne dût pas considérer le nouvel astre comme un des retours de cette ancienne comète, que précédemment j'avais calculée. Le procès-verbal de la séance du Bureau constate ce fait. Du reste, j'écrivais la Note suivante dans le cahier de février 1819 des *Annales de chimie et de physique*, t. x, p. 228 :

« Dans la séance du Bureau des longitudes du 13 janvier 1819, M. Bouvard présenta les premiers éléments paraboliques de la deuxième comète découverte en 1818 par M. Pons. En jetant les yeux sur la table générale, insérée dans l'ouvrage de M. Delambre, et où l'on a inscrit les 117 comètes dont les orbites avaient été déterminées à la date de 1813, on fut frappé de la ressemblance qui existe entre les éléments de l'astre nouveau et ceux de la première comète de 1805. Les longitudes du nœud et du périhélie présentaient, il est vrai, des discordances d'environ 10° ; mais de telles variations paraissaient pouvoir tenir aux perturbations planétaires. Il restait donc à chercher si l'arc parcouru par la comète, durant son apparition, n'offrirait pas déjà des traces sensibles d'ellipticité. Or, dans la supposition d'un mouvement parabolique, on ne pouvait éviter des erreurs de 3′ : ce qui surpasse, du moins pour cette comète, les incertitudes des observations. Nous venons d'apprendre, par une lettre de M. le baron de Lindenau, en date du 8 mars 1819, que M. Encke, directeur adjoint de l'Observatoire du Seeberg, a réduit les discordances entre la

théorie et l'observation à 30″ au plus, à l'aide des éléments elliptiques qui suivent. Nous avons placé en regard les éléments paraboliques de 1805, pour que le lecteur puisse d'un coup d'œil les comparer aux nouveaux :

	Parabole de 1805.	Ellipse de 1819.
Passage au périhélie......	18 nov. à $3^h 18^m$	27 janv. à $3^h 13^m$
Longitude du périhélie....	147° 51′ 28″	156° 14′ 8″
Longitude du nœud.......	344 37 19 [1]	334 18 8
Inclinaison de l'orbite.....	15 36 36	13 42 30
Logarithme dist. périhélie.	9.57820	9.52579
Demi grand axe..........		2.343

« Le grand axe de cette ellipse est un peu plus petit que celui de l'orbite de Vesta, et correspond à une révolution d'environ trois ans et demi. Dans l'hypothèse en question, la comète de 1805 serait donc revenue plusieurs fois à son périhélie sans être aperçue. Il faut espérer que les calculs que promettent MM. Lindenau et Encke éclairciront tous les doutes. On sent déjà combien il serait intéressant de pouvoir constater que la révolution de la nouvelle comète n'est que de trois ans et demi. »

Dans le cahier du mois de juin 1819 des *Annales de chimie et de physique* (t. XI, p. 219) j'ajoutai la Note suivante sous le titre de : *Sur la comète à courte période de* 1818 :

« Cette comète a été découverte à Marseille, le 26 novembre 1818, par M. Pons. M. Bouvard présenta au Bureau des longitudes les premiers éléments paraboliques de son orbite, dans la séance du 13 janvier 1819. Un membre fit alors remarquer qu'il existait entre ces

1. M. Gauss ne donnait pour cet élément que 340° 11′.

éléments et ceux de la comète de 1805 assez de ressemblance pour qu'il fût naturel de supposer qu'ils appartenaient au même astre.

« M. Encke, directeur adjoint de l'Observatoire du Seeberg, a montré postérieurement que les observations faites dans les années 1818 et 1819 sont exactement représentées par une ellipse dont le demi-grand axe est égal à 2.213, la distance du Soleil à la Terre étant prise pour unité. Il restait encore à examiner de nouveau à ce point de vue les observations de 1805. M. Encke vient de terminer ce travail, et a trouvé les éléments elliptiques suivants :

Passage de la comète au périhélie en 1805, novembre 21.5064 (temps moyen de Paris).

Longitude du périhélie....	156° 47′ 19″	Ces deux longitudes sont comptées de l'équinoxe moyen de 1805.
Longitude du nœud......	334 20 5	
Inclinaison de l'orbite....	13 33 30	
Logarith. dist. périhélie...	9.5320168	
Demi-grand axe..........	2.213	
Excentricité.............	0.8462	
Révolution...............	1202jours.5	

« Tels devraient être encore les éléments de cette comète, en 1819, si elle n'avait pas été dérangée dans sa marche par l'attraction des corps célestes dans le voisinage desquels elle est passée; mais ces dérangements, qu'on appelle en astronomie des perturbations, peuvent être calculés *à priori*. En modifiant ainsi les éléments de 1805, M. Encke trouve qu'en 1819 la comète a dû se mouvoir dans l'orbite suivant :

Passage au périhélie. janvier 27.28 (temps moyen à Paris).

Longitude du périhélie.............	156° 59′ 30″
Longitude du nœud................	334 31 0
Inclinaison.......................	13 36 30
Angle de l'excentricité.............	58 3
Demi-grand axe...................	2.214
Temps de la révolution.............	1202jours.3

« Les derniers éléments déduits des seules observations faites en 1818 et 1819 sont :

Passage au périhélie. janvier 27.25 (temps moyen à Paris).

Longitude du périhélie.............	157° 5′ 33″
Longitude du nœud................	337 43 37
Inclinaison.......................	13 38 42
Angle de l'excentricité.............	58 6 45
Demi-grand axe...................	2.213
Révolution........................	1202jours.54

« Les longitudes sont rapportées à l'équinoxe moyen de 1819.

« Les éléments elliptiques auxquels conduisent les observations faites en 1805 diffèrent, comme on voit, assez peu de ceux qu'on a déduits des seules observations de 1818 et 1819, pour qu'on puisse attribuer les discordances à de simples erreurs qui se seront glissées dans la détermination des ascensions droites et des déclinaisons : il demeure donc constant que la comète de 1818 n'est autre chose que celle qui avait été déjà observée en 1805. M. Olbers vient de faire la remarque curieuse que la comète de 1795 est encore, apparemment, le même astre ; mais il sera nécessaire d'attendre la discussion nouvelle des observations de 1795, que M. Encke vient d'entreprendre, avant de pouvoir se prononcer avec quelque certitude à cet égard.

« Les orbites dont nous venons de rapporter les éléments prouvent que la nouvelle comète se trouvera en opposition avec le Soleil dans le mois d'août 1819. Elle aura, durant ce mois, de 317°.20 à 306° d'ascension droite, et sa déclinaison australe demeurera comprise entre 26° et 26°.48. Il est malheureusement à craindre qu'on ne puisse pas alors l'apercevoir ; car cet astre, qui était déjà très-faible en janvier dernier, vers son passage au périhélie, à une époque où sa distance à la Terre était fort petite, sera, en août, environ deux fois plus loin que le Soleil. Il résulte des mêmes éléments que, dans le mois de décembre prochain, la distance de la comète à la Terre surpassera déjà 140 millions de lieues. »

En mars 1822 (*Annales de chimie et de physique*, t. XIX, p. 335), je publiai sur la même comète l'avis suivant adressé aux astronomes :

« Les intervalles compris entre deux apparitions consécutives de cette comète sont de 1204 à 1205 jours. Elle a été vue en 1785, en 1795, en 1805 et en 1819. Le 24 mai 1822, jour de son passage au périhélie, la comète se trouvera éloignée du Soleil de 20° 1/2 en ascension droite ; sa déclinaison sera de 2° plus boréale. Sa lumière paraîtra plus brillante que celle d'une étoile de 5e grandeur ; mais, par nos hautes latitudes, la force du crépuscule empêchera d'observer l'astre, parce que le Soleil s'enfonce lentement sous l'horizon. Plus au midi, à Marseille, à Marlia et surtout à Palerme, il faut espérer qu'un œil exercé, armé d'une bonne lunette et secondé par un horizon très-clair, trouvera plus de facilité. Il est fort à désirer que les observateurs du midi de la France et de

l'Italie ne négligent pas de s'occuper de la recherche que nous leur rappelons. »

En décembre de la même année, j'eus le regret d'annoncer en ces termes (*Annales de chimie et de physique*, t. XXI, p. 428) qu'on n'avait observé la comète à courte période ni en Europe ni au cap de Bonne-Espérance :

« On avait espéré que la comète à courte période, dont nous avons parlé dans les tomes X et XI, serait visible en Europe dans les mois de juin, de juillet et d'août, sans toutefois se dissimuler la difficulté d'apercevoir un astre aussi faible au travers de la lumière crépusculaire. Dans l'hémisphère austral, les chances devaient être beaucoup plus favorables ; aussi n'est-ce pas sans quelque étonnement qu'on a appris que le nouvel astronome établi au cap de Bonne-Espérance n'avait pas mieux réussi dans cette recherche que les observateurs d'Europe. Il est juste d'ajouter qu'au cap le temps a été très-sombre. »

Par une circonstance dont l'astronomie ne saurait trop se louer, on avait été plus heureux à la Nouvelle-Hollande, ainsi qu'il résulte de la Note suivante que je publiai en février 1823 (*Annales de chimie et de physique*, t. XXII, p. 210) :

« Nous avons annoncé, dans le cahier de décembre dernier, que la comète à courte période dont on attendait le retour en juin n'avait pas été aperçue par l'astronome anglais du cap de Bonne-Espérance. Nous nous empressons maintenant d'apprendre aux lecteurs que M. Rumker, à la Nouvelle-Hollande, a été plus heureux et qu'il a découvert cet astre le 2 juin, très-près de la position que lui assignait pour ce jour-là la table calculée d'après les

éléments elliptiques de M. Encke, et insérée dans la *Connaissance des temps* de 1823. (Ce volume a été publié en 1820.)

« Les observations de M. Rumker sont au nombre de quinze; elles embrassent l'arc que la comète a parcouru du 2 au 23 juin 1822. Dans cet intervalle, les mouvements en ascension droite et en déclinaison ont été respectivement 23° et 27°; toujours on a trouvé, entre le calcul et l'observation, l'accord le plus satisfaisant.

« Il est donc parfaitement établi maintenant qu'il existe, dans notre système solaire, une comète qui fait sa révolution en 1202 jours. Ce premier fruit des recherches de M. Rumker montre quel immense service le général Brisbane aura rendu à la science en fournissant à un astronome aussi habile les moyens d'établir un Observatoire presque à l'antipode de Paris. »

II

SUR LA COMÈTE DE 1759 OU DE HALLEY

[M. Arago a publié successivement, sur la comète de 1759 ou de Halley, plusieurs Notes qui marquent la part qu'il a prise à la recherche et à l'observation de cet astre.

Voici d'abord une Note publiée en 1818 (*Annales de chimie et de physique*, t. IX, p. 190] :

L'Académie de Turin avait proposé pour sujet de prix, en 1812, de calculer le retour de la comète de 1759, en ayant égard aux perturbations que cet astre doit éprouver

dans sa course par les actions combinées de Jupiter, de Saturne et d'Uranus. La pièce qu'elle vient de couronner est de M. Damoiseau, chef de bataillon d'artillerie, à qui l'on doit déjà d'importantes recherches sur les tables de la Lune. Nous allons faire connaître le principal résultat auquel conduit l'immense travail qu'il a fallu exécuter pour répondre convenablement à la question qui avait été proposée.

La comète de 1759 est la première dont on ait prédit le retour, et la seule, jusqu'ici, qui ait paru à l'époque annoncée. On sait qu'il est presque impossible de déterminer exactement le temps de la révolution d'une comète, et, par suite, le grand axe de son orbe, d'après les observations d'une seule apparition ; mais un arc d'ellipse, lorsque le grand axe est fort long, se confondant sensiblement avec un arc de parabole, les astronomes calculent les comètes comme si elles se mouvaient dans la dernière espèce de courbe. Avec cette simplification, trois observations sont plus que suffisantes pour déterminer exactement l'orbite. Les éléments paraboliques auxquels on arrive ainsi ne sont pas uniquement destinés à représenter les positions de l'astre pendant la durée généralement assez courte de son apparition, mais ils fournissent de plus les moyens de le reconnaître quand il revient à son périhélie.

Ainsi, une comète se montra en 1531 et fut observée à Ingolstadt, par Apian. Halley a trouvé que toutes ses positions sont représentées aussi exactement que l'imperfection des mesures permettait de l'espérer avec les éléments suivants :

Inclinaison.	Longitude du nœud.	Lieu du périhélie.	Distance périhélie.	Sens du mouvement.
17° 56′	49° 25′	301° 39′	0.567	rétrograde.

Les mêmes observations montrent que la comète passa au périhélie, ou dans le point de son orbite le plus rapproché du Soleil, le 24 août 1531, à 21 heures.

Kepler et Longomontanus aperçurent une comète en 1607. Leurs observations ont fourni les éléments que voici :

Inclinaison.	Longitude du nœud.	Lieu du périhélie.	Distance périhélie.	Sens du mouvement.
17° 2′	50° 21′	302° 16′	0.587	rétrograde.

Passage au périhélie, le 16 octobre 1607, à 4 heures.

La Hire, Picard, Hévélius, Flamsteed se servirent des instruments astronomiques qui, de leur temps, avaient déjà acquis un assez grand degré de perfection pour suivre avec assiduité la comète qui se montra vers le milieu de l'année 1682. Halley a déduit de l'ensemble des observations de Flamsteed les éléments que je vais transcrire :

Inclinaison.	Longitude du nœud.	Lieu du périhélie.	Distance périhélie.	Sens du mouvement.
17° 42′	50° 48′	301° 36′	0.583	rétrograde.

L'astre passa à son périhélie le 14 septembre 1682, à 21 heures 1/2.

Ces trois systèmes d'éléments étant à fort peu près les mêmes, Halley en conclut qu'ils appartenaient à une seule comète qui, en 151 ans, était revenue deux fois à son périhélie[1], et attribua les différences qu'on y remarque aux

1. Cette même comète s'était déjà montrée en 1456, comme on le voit par les éléments suivants que Pingré a déduits du peu de

dérangements que cet astre avait dû éprouver par l'action des planètes et à l'incertitude des observations. Il se hasarda même à prédire que la comète se montrerait de nouveau vers la fin de 1758 ou le commencement de 1759; mais il n'avait pu faire qu'une estime vague de l'action de Jupiter et de Saturne. Plus tard, Clairaut appliqua à la détermination de ces perturbations les formules qu'il avait trouvées le premier pour le problème des trois corps, et découvrit que la comète devait employer à revenir au périhélie 618 jours de plus que dans la révolution précédente ; ce qui fixait son passage vers le milieu d'avril 1759. Il avertit, toutefois, que les petits termes qu'il avait négligés dans son calcul, comportaient une incertitude d'un mois en plus ou en moins. L'événement justifia cette prédiction, car la comète passa au périhélie le 12 mars 1759, vers minuit, c'est-à-dire dans les limites que Clairaut avait assignées. Nous rapporterons aussi les éléments pa-

renseignements qu'on trouve dans les auteurs de cette époque :

Inclinaison.	Longitude du nœud.	Lieu du périhélie.	Distance périhélie.	Sens du mouvement.
17° 56′	48° 30′	301° 0′	0.586	rétrograde.

Jour du passage par le périhélie, 8 juin 1456, à 22 heures.

A cette apparition, la comète traînait une queue de 60°, dont la lumière tirait sur le jaune. Quelques jours avant le passage au périhélie, le noyau était aussi éclatant qu'une étoile fixe. On pourrait croire que les causes d'où cet éclat dépendait ont été continuellement en s'affaiblissant : car la comète de 1759 n'avait ni une aussi grande intensité ni une queue aussi étendue que celle de 1456. Peut-être même ces astres finissent-ils par se dissiper à la longue. Le retour de 1835 fournira probablement, à cet égard, des notions curieuses.

raboliques de cette apparition, afin que le lecteur puisse les comparer à ceux qui précèdent.

Inclinaison.	Longitude du nœud.	Lieu du périhélie.	Distance périhélie.	Sens du mouvement.
17° 38′	53° 48′	303° 10′	0.584	rétrograde.

M. Damoiseau a tenu compte, dans son travail, de l'influence de la planète Uranus qui n'était pas encore connue du temps de Clairaut; les approximations ont été poussées très-loin; les masses dont il s'est servi ne comportent plus maintenant que de fort légères incertitudes; tout autorise à penser, en un mot, que le résultat du calcul ne sera plus, cette fois, en erreur que d'un très-petit nombre de jours; voici, au demeurant, en quoi il consiste :

« L'intervalle entre le passage au périhélie, en 1759, et le prochain passage par ce point, sera de 28,007 jours; ce qui, à compter du 12 mars 1759, origine de cette période, répond au 16 novembre 1835. »

[L'orbite probable de la comète de Halley ayant été soumise à de nouveaux calculs, M. Arago publia à la fin de 1834, dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1835, la Note suivante :]

Après avoir déterminé, à l'aide de calculs extrêmement laborieux, les dérangements ou perturbations que la comète actuellement attendue et connue sous le nom de comète de Halley, a dû éprouver dans sa marche par les attractions réunies de Jupiter, de Saturne, d'Uranus et de la Terre, MM. Damoiseau et de Pontécoulant avaient fixé l'un au 4, l'autre au 7 novembre, le moment du pas-

sage de cet astre par son périhélie, c'est-à-dire par le point de l'orbite le plus rapproché du Soleil. Depuis ces premières recherches, les astronomes ont reconnu que la masse de Jupiter, qu'on avait supposée égale à la 1070e partie de celle du Soleil, en était la 1054e partie. En adoptant cette nouvelle masse, en tenant aussi plus complétement compte de l'action de la Terre, M. de Pontécoulant a définitivement reporté le passage au périhélie du 7 au 13 novembre.

Au moment de ce passage, la distance de la comète au Soleil ne s'élèvera qu'aux 6 dixièmes de la distance du Soleil à la Terre. A l'autre extrémité du grand axe de l'orbite, dans 39 ans d'ici, l'intervalle des deux astres sera au contraire immense. Le calcul donne plus de 35 fois le rayon de l'orbite terrestre, c'est-à-dire plus de 35 fois la distance de la Terre au Soleil.

Le résultat du calcul, quant au passage de la comète de Halley par son périhélie en 1835, comparé au résultat de l'observation, fera connaître si cet astre, comme la petite et faible comète à courte période, est sensiblement dérangé dans sa marche par la résistance de l'éther. Cette comparaison, à son tour, fournira quelques notions sur la constitution physique de la comète que nous attendons, car un milieu résistant donné exerce plus ou moins d'effet, suivant le volume et la densité du corps qui le traverse.

L'éther est-il en repos, ou bien circule-t-il autour du Soleil, de l'occident à l'orient, à la manière des planètes? Dans ce dernier cas, son effet sur la comète à courte période, qui, elle-même, se meut de l'occident à l'orient,

sera différent de celui qu'il exercera sur la comète de Halley dont la marche, au contraire, est dirigée de l'orient à l'occident. La science des mouvements célestes et la cosmogonie sont également intéressées à la solution du problème que je viens de signaler.

On ne sait pas encore avec certitude si les comètes sont lumineuses par elles-mêmes ou si elles empruntent au Soleil toute la lumière dont elles brillent. La recherche de leurs phases semblait le seul moyen de résoudre la question ; or, jusqu'ici il avait entièrement échoué. Des mesures comparatives d'intensité de lumière, des mesures photométriques, peuvent conduire au but d'une manière non moins incontestable. Ce genre d'observations excitera indubitablement l'attention des astronomes, pendant l'apparition actuelle de la comète de Halley. Au reste, j'ai démontré déjà que les amateurs de la science pourraient, même avec de très-faibles instruments, s'associer utilement à la curieuse recherche que je leur signale (Voir l'*Astronomie populaire*, liv. XVII, chap. XXVII, t. II, p. 417 à 437).

En 1305, la comète de Halley avait un éclat extraordinaire ; en 1456, elle traînait à sa suite une queue qui embrassait les deux tiers de l'intervalle compris entre l'horizon et le zénith ; en 1682, quoique notablement affaiblie comparativement aux apparitions de 1305 et de 1456, elle fut classée parmi les comètes brillantes et la queue avait encore 30° ; en 1759, son apparition n'aurait certainement occupé que les astronomes, si elle n'eût été la première comète annoncée longtemps à l'avance. Ces faits semblaient établir que les comètes vont graduelle-

ment en s'affaiblissant, et l'on pouvait être tenté d'en chercher la cause physique dans la matière qui, près du périhélie, se détache de la nébulosité pour former la queue et que la comète semble devoir disséminer dans l'espace. M. Olbers, assurément l'un des juges les plus compétents en pareille matière, ne regarde pas l'affaiblissement graduel des comètes comme prouvé ; il croit que la diminution observée dans celle de Halley de 1305 à 1456, de 1456 à 1682, de 1682 à 1759 n'a été qu'apparente; qu'on pourrait l'expliquer par les positions relatives toutes particulières qu'avaient alors le Soleil, la comète et la Terre; il cite enfin, à l'appui de son opinion, l'apparition de 1607, intermédiaire entre celles dont je viens de rapporter les dates, et durant laquelle, pour des positions analogues à celles de 1759, la comète, au témoignage de Kepler, n'offrit rien de remarquable dans son intensité.

Il serait difficile de dire avec certitude quel jour la comète deviendra visible. L'état du ciel, la force des instruments, la bonté de la vue de l'observateur réunis aux causes physiques déjà signalées de variation d'intensité, rendraient même toute tentative de solution du problème entièrement illusoire. M. Olbers ne croit pas que, dans son maximum d'éclat, la comète attendue, loin de surpasser, comme on l'a prétendu, celle de 1811, égale la troisième comète de 1825 que le public laissa passer sans lui donner aucune attention.

C'est vers le milieu d'octobre que, dans sa prochaine apparition, la comète de Halley se trouvera le plus près de la Terre. Ajoutons que jamais sa distance ne sera audessous de 8 millions de lieues de 25 au degré. Ainsi,

ceux-là mêmes qui n'ont pas été entièrement rassurés par les nombreux plaidoyers publiés récemment en faveur des comètes n'auraient, dans le cas présent, aucune raison plausible d'inquiétude.

[M. Arago a inséré, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences,* des Notes successives pour exposer les observations faites sur la comète de Halley aussitôt après son apparition.

Dans le compte rendu de la séance du 17 août 1835, on lit :]

M. Dumonchel. directeur de l'Observatoire du Collége romain, a écrit à M. Bouvard, à la date du 6 août 1835, que la veille, c'est-à-dire le 5 août, à 0^h 20^m de temps sidéral, lui et M. de Vico, son collaborateur, ayant dirigé leur grand télescope vers le point du ciel où les éphémérides plaçaient la comète de Halley, l'aperçurent dans le champ de l'instrument. Sa lumière était extrêmement faible. Le crépuscule, déjà assez vif, et des nuages « nous donnèrent à peine, dit M. Dumonchel, le temps de déterminer la position de l'astre avec quelque exactitude; l'ascension droite nous sembla être de 5^h 26^m, et la déclinaison boréale de 22° 17′. Le 6 août, la comète parut s'être avancée sensiblement vers l'orient, mais sa position n'a pas encore été calculée. »

La position que donne M. Dumonchel pour le 5 diffère à peine d'un tiers de degré de l'éphéméride insérée dans la *Connaissance des temps.* Une telle discordance, quelque légère qu'elle soit, n'est pas probable. Au reste, la lumière crépusculaire ne sera plus maintenant un obstacle

à l'observation de la comète dans nos climats, et le doute que la discordance dont je viens de rendre compte peut soulever sera bientôt éclairci.

[Dans le compte rendu de la séance du 24 août, on trouve ce qui suit :]

M. Arago rend compte verbalement des observations de la comète périodique de Halley, qui ont été faites à l'Observatoire de Paris. Aussitôt que la position de la Lune permit d'espérer que le nouvel astre serait visible, M. Arago invita les trois élèves astronomes, que le Bureau des longitudes lui a donnés pour collaborateurs (MM. Eugène Bouvard, Laugier et Plantamour), à le chercher avec assiduité. Ces jeunes gens l'ont aperçu le 20 août, vers les deux heures du matin. Depuis, il a été déjà observé quatre fois. Dès que les étoiles qui ont servi de point de comparaison auront été reconnues et exactement déterminées, M. Arago s'empressera de communiquer à l'Académie les ascensions droites et les déclinaisons de la comète. Ces positions, au reste, seraient peu propres en ce moment à diriger les astronomes dans le choix des divers éléments de l'orbite, puisque toutes celles de ces courbes qu'on a tracées sur les cartes célestes s'entrecroisent vers la région que l'astre parcourt aujourd'hui.

La comète est encore très-faible ; de temps à autre on entrevoit des indices d'un noyau central ; on n'a aperçu jusqu'ici aucune trace de queue. M. Arago a estimé que la nébulosité pouvait avoir deux minutes de diamètre. D'ici à peu de jours, quand cette nébulosité sera visible avec un chercheur ou lunette de nuit, les astronomes

et même les simples amateurs pourront se livrer avec fruit aux mesures photométriques très-simples que M. Arago a déjà signalées il y a quelques années et dont il rappelle les principes. Ces mesures semblent devoir conduire à la solution de cette question importante que l'absence de toute phase tranchée dans plus de 130 comètes a laissée jusqu'ici dans le vague : « Les comètes sont-elles lumineuses par elles-mêmes; ou bien, comme les planètes, ne brillent-elles que par la lumière du Soleil réfléchie? »

[On lit dans le compte rendu de la séance du 31 août :]

M. Arago annonce que cette comète a été observée à Paris presque tous les jours de la semaine dernière. Bientôt il présentera à l'Académie le résultat des comparaisons journalières entre les positions observées et les positions calculées. Le nouvel astre augmente rapidement d'intensité. Déjà la nuit dernière on commençait à l'entrevoir dans une simple lunette de nuit. On espère pouvoir faire prochainement les premiers essais de la méthode que M. Arago a indiquée pour décider si les comètes brillent d'une lumière propre.

[Le 7 septembre M. Arago a inséré dans le compte rendu de la séance de l'Académie la Note suivante :]

M. Boguslawski, directeur de l'Observatoire de Breslau, écrit qu'il a observé la comète de Halley le 21 août dernier. La faiblesse de l'astre l'a mis dans l'obligation de recourir pour les mesures au micromètre circulaire.

M. Arago rend compte verbalement de quelques comparaisons qui ont été faites à l'Observatoire de Paris, entre les positions observées et les positions calculées de la comète de Halley. « L'éphéméride, dit-il, qui représente le mieux la marche du nouvel astre, est celle de Rosenberg, fondée sur un passage au périhélie correspondant au 13 novembre 1835. En ascension droite, les discordances sont peu sensibles, en déclinaison elles surpassent 20′. On les ferait disparaître les unes et les autres par une faible altération du moment du passage au périhélie. »

M. Poisson fait remarquer que « l'éphéméride qui paraît s'accorder le mieux avec les observations, d'après ce que vient de dire M. Arago, est fondée sur les résultats que M. de Pontécoulant a obtenus par le calcul des perturbations. Mais sans vouloir diminuer la curiosité que l'on a de calculer dès à présent les éléments paraboliques de la comète de Halley, pour les comparer à ceux que différents géomètres ont déduits des perturbations, il pense que ces éléments ne pourront être déterminés convenablement que par des observations faites près du périhélie, et en les corrigeant au moyen d'observations plus éloignées. Pour la comparaison dont il s'agit, il sera nécessaire d'employer les éléments elliptiques, qui peuvent différer sensiblement des éléments paraboliques. »

M. Poisson termine en expliquant les différences qui existent entre les calculs des perturbations faites par MM. Damoiseau et de Pontécoulant. « Dans la pièce, dit-il, qui a obtenu le prix de l'Académie de Turin,

M. Damoiseau avait d'abord fixé au 16 novembre prochain le passage de la comète au périhélie. Par un calcul ultérieur, il l'a avancé de près de douze jours et fixé au 4 novembre. D'après les perturbations calculées par M. de Pontécoulant, c'est le 13 que ce passage doit avoir lieu. Ces différences tiennent principalement à l'action de la Terre qui a été considérable à l'époque de 1759, et à laquelle M. Damoiseau n'avait pas eu égard dans son premier travail, et aussi aux masses de Jupiter, $\frac{1}{1067}$ et $\frac{1}{1053}$ de celle du Soleil, que ces deux géomètres ont employées. »

[M. Poisson a annoncé, le 21 septembre, que M. de Pontécoulant, ayant corrigé ses calculs des perturbations, en employant la masse de la Terre la plus récemment admise, au lieu de celle qu'il avait d'abord supposée, il s'en est suivi que le passage au périhélie, résultant de ces perturbations, qu'il avait d'abord fixé au 13 novembre, devra êtra reculé d'un jour et fixé au 14. On verra plus loin que l'événement a donné réellement le 16 novembre pour le passage au périhélie.

Ce même jour, 21 septembre, M. Arago a publié la Note suivante :]

M. Arago rend compte verbalement des dernières observations de la même comète qui ont été faites à Paris. « Le 17 septembre, les différences entre l'éphéméride de M. Rosenberg et la position observée étaient de 45′ en ascension droite et de 56′ en déclinaison. M. Arago annonce que les trois jeunes astronomes, MM. Eugène Bouvard, Laugier et Plantamour, qui, sous

sa direction, suivent journellement le nouvel astre avec un grand zèle, ne manqueront pas, quand le moment sera venu, de communiquer à l'Académie les résultats de leur travail. »

M. Arago donne ensuite l'analyse d'une lettre qu'il a reçue de M. Valz de Nîmes. Cet astronome vit la comète pour la première fois le 24 août. Depuis il l'a suivie avec beaucoup d'assiduité. Ses observations, réparties sur une période de seize jours, lui ont paru suffisantes pour déterminer les éléments de l'ellipse que cet astre semble décrire actuellement. Voici ceux qu'il a trouvés :

Passage au périhélie. 1835, novembre,	15.6
Longitude du périhélie...............	304° 31′
Longitude du nœud..................	55 5
Inclinaison.........................	17 27
Excentricité........................	0.967391
Demi-grand axe admis................	17.9879

M. Valz croit ces éléments fort approchés. Il ne serait disposé à admettre une incertitude de quelques minutes que sur l'inclinaison de l'orbite. Les différences sensibles qu'il remarque entre les éléments précédents et ceux de M. de Pontécoulant lui font craindre qu'il ne se soit glissé quelques erreurs dans les calculs si longs, si pénibles, si minutieux des perturbations. A l'occasion des quantités qu'on a volontairement négligées dans ces calculs, M Valz affirme, mais sans mettre sur la voie de la méthode qui l'a conduit à ce résultat, que les actions réunies de Vénus et de Mars diminuent la durée de la révolution entière de six jours!

M. Valz dit s'être assuré que ses propres observations ne peuvent pas être représentées par un simple changement de l'instant du passage de la comète au périhélie. Ainsi, les déterminations fondées sur l'invariabilité des autres éléments ne lui semblent pas dignes de confiance. Quant à la première observation de M. Dumonchel, il la croit inexacte.

[M. Bouvard, présent à la séance, interrompt à ce moment M. Arago dans son analyse, et annonce que M. Dumonchel, ayant recalculé sa première observation, vient, en effet, d'appliquer de notables corrections tant à la déclinaison qu'à l'ascension droite.]

La lettre de M. Valz renferme quelques considérations relatives à l'existence possible d'une planète située au delà d'Uranus, à une distance du Soleil à peu près triple de celle de la comète de Halley, et qui se manifesterait, de trois en trois apparitions de ce dernier astre, par des perturbations de même valeur.

M. Valz recommande enfin aux astronomes les mesures de la nébulosité de la comète actuelle. Depuis ses premières recherches, il s'est assuré que ces astres ne se contractent pas tous en s'approchant du Soleil. Il en est, dit-il, qui, au contraire, se dilatent! D'après certains caractères, que M. Valz ne fait pas connaître pour le moment, la comète de Halley appartiendrait à la dernière classe.

L'Académie a reçu aussi, dans cette séance, une Note de M. Schumacher, d'après laquelle on voit qu'une observation de la comète, faite à Kœnigsberg le 25 août,

donnerait pour le passage au périhélie, le $16^{nov.}.045$; mais le calcul a été fait dans l'hypothèse, inadmissible suivant M. Valz, que les autres éléments n'ont pas besoin de correction.

[Le compte rendu de la séance du 19 octobre contient la Note suivante :]

M. de Pontécoulant a répondu en ces termes à l'assertion consignée dans la lettre de M. Valz (p. 486), que les attractions de Mars et de Vénus ont pu avoir une influence sensible sur l'arrivée de la comète de Halley à son périhélie :

« Dans mon Mémoire, je disais : « Nous nous sommes assurés que les autres planètes (Vénus et Mars) n'auront sur la marche de la comète aucune influence sensible. » La petitesse de la masse de Mars ne permet pas de croire que son action puisse altérer d'un jour l'époque du passage, et, quant à l'action de Vénus, qui s'est trouvée très-voisine de la comète en 1759, j'ai reconnu par le calcul que les altérations assez considérables en plus et en moins, qui en résultent dans le moyen mouvement, se compensent de telle sorte que l'altération totale est tout à fait insignifiante. Ce calcul a été présenté il y a six mois au Bureau des longitudes. »

Quant à l'idée qu'il y ait au delà d'Uranus une planète dont l'action serait la cause de certaines discordances entre les résultats du calcul et ceux de l'observation, M. de Pontécoulant remarque qu'avant de créer ce nouveau corps, il eût été bon de s'assurer qu'il reste, en effet, dans la marche de l'astre quelque anomalie à ex-

pliquer; or, jusqu'à présent, dit-il, si quelque chose a droit d'étonner, c'est la coïncidence vraiment extraordinaire de l'orbite réelle avec l'orbite théorique.

[Dans cette même séance du 19 octobre, M. Arago a rendu compte, en ces termes, de quelques changements physiques qui se sont manifestés dans la tête de la comète de Halley :]

Jeudi dernier, 15 octobre, vers les 7 heures du soir, temps vrai, M. Arago ayant dirigé la grande lunette de l'Observatoire, armée d'un fort grossissement, sur la tête de la comète, y aperçut, un tant soit peu au sud du point diamétralement opposé à la queue, un secteur compris entre deux lignes dirigées vers le centre du noyau, et dont la lumière surpassait notablement celle de tout le reste de la nébulosité. Les deux rayons, limites de ce secteur, étaient assez bien définis, mais faibles. Il fallait, pour les apercevoir, s'aider d'un procédé bien connu des astronomes praticiens : il fallait donner à la lunette un léger mouvement d'oscillation. L'existence de ce secteur paraissant pouvoir conduire à une conclusion certaine sur la question importante du mouvement de rotation de la nébulosité, M. Arago crut nécessaire de s'assurer, par tous les moyens possibles, que ce n'était pas une illusion. Il examina donc le phénomène avec différents grossissements, avec diverses lunettes, sans cesser de le voir; M. Mathieu et les élèves astronomes attachés à l'Observatoire, MM. Eugène Bouvard, Laugier et Plantamour se convainquirent également de sa réalité.

Le lendemain, vendredi 16, après le coucher du Soleil,

on reconnut qu'il n'existait plus de traces de secteur lumineux à la place où celui du jeudi s'était montré; mais sur une autre partie de la nébulosité, au nord, cette fois, du point diamétralement opposé à l'axe de la queue, il s'était formé un secteur nouveau. Celui-ci sembla, dès l'abord, devoir être appelé nouveau, à cause de son éclat vraiment extraordinaire, de la parfaite netteté des deux rayons qui le terminaient, et de sa grande ouverture angulaire, laquelle dépassait certainement 90°. MM. de Humboldt et Mathieu voulurent bien s'associer à ces observations.

Dans la soirée de ce même jour (vendredi 16, à 8 heures) M. Arago essaya, de concert avec les élèves de l'Observatoire, de déterminer l'amplitude réelle du secteur et sa position.

Le samedi 17, à pareille heure, les mêmes observations furent répétées. Le secteur existait encore; ses formes et sa direction ne paraissaient pas notablement changées, mais la lumière était plus affaiblie que l'état de l'air ne semblait le comporter.

Le dimanche 18, par un ciel d'une pureté vraiment remarquable, la lumière cométaire et celle de la queue, considérées dans leur ensemble, parurent avoir éprouvé, comparées à celles du vendredi, un affaiblissement très-sensible. M. Arago annonce que, sur ce point délicat, son opinion se trouve corroborée par la décision unanime et parfaitement décidée de MM. de Humboldt, Mathieu, Eugène Bouvard et Plantamour. L'affaiblissement du secteur lui-même se déduit d'ailleurs, avec plus d'évidence encore, des difficultés qu'on éprouve à déterminer

son orientation, son ouverture angulaire et ses dimensions rectilignes, à l'aide de divers micromètres appliqués à la lunette de l'équatorial.

M. Arago déclare qu'en faisant dès aujourd'hui cette communication verbale à l'Académie, il a surtout voulu appeler l'attention des astronomes sur des changements physiques bien étranges, et qui leur échapperaient si, comme jadis, ils se contentaient de diriger sur la comète actuelle des télescopes armés de faibles grossissements. Au surplus, a-t-il ajouté, je ne manquerai pas de faire connaître et les résultats des nouvelles observations que l'état du ciel nous permettra de faire, et les conséquences qui pourront s'en déduire, aussitôt qu'elles auront quelque certitude.

[Le 26 octobre M. Arago a continué à rendre compte des changements physiques survenus dans la comète de Halley :]

Le temps n'a pas été favorable : un ciel couvert a, pendant plusieurs jours consécutifs, totalement dérobé la vue de l'astre aux astronomes. La question de savoir par quelle transformation la matière nébuleuse est passée d'un certain mode d'agglomération à un mode différent ne pourra donc pas être résolue à l'aide des seules observations de Paris. Il faudra, inévitablement, recourir aussi à celles qui, on doit l'espérer, auront été faites dans d'autres lieux.

On a vu plus haut qu'il existait le jeudi 15 octobre un secteur lumineux dans une certaine partie de la tête de la comète de Halley ; que le lendemain 16, ce secteur

avait disparu, et qu'un autre plus brillant, plus ouvert et plus étendu longitudinalement, s'était formé ailleurs; que ce second secteur fut observé le 17 et semblait déjà moins vif; que le 18 l'affaiblissement était extrêmement prononcé. Depuis, la comète resta cachée jusqu'au 21. Ce jour-là, à 6 heures trois quarts, on apercevait dans la nébulosité trois secteurs distincts. Le plus faible et le plus délié des trois était situé sur le prolongement de la queue. Le 13 octobre, il n'existait plus aucune trace de secteurs. La comète avait tellement changé d'aspect, le noyau, jusqu'à cette époque si brillant, si net, si bien défini, était devenu tellement large, tellement diffus, qu'on ne croyait à la réalité d'une variation si grande, si subite, qu'après s'être assuré qu'aucune humidité ne recouvrait ni l'oculaire, ni l'objectif. Le noyau occupait peut-être, comme les jours précédents, le centre de la chevelure, mais la région orientale de cette nébulosité était certainement beaucoup plus vive que la partie opposée.

Dans les premiers moments de l'apparition de la comète, M. Arago avait indiqué une méthode photométrique qui, bien appliquée, semblait devoir conduire à décider si ces astres empruntent leur lumière au Soleil ou s'ils sont lumineux par eux-mêmes. Cette méthode avait cela de particulier qu'elle n'exigeait pas que le volume de la comète restât constant : il suffisait que les changements s'opérassent avec une certaine régularité. Or, sous ce rapport, la comète de Halley se trouve dans un cas tellement exceptionnel, ses variations d'intensité sont si brusques, si imprévues, si bizarres, qu'il y aurait une grande témérité à essayer de déduire quelque consé-

quence exacte d'observations qui, dans les circonstances ordinaires, conduiraient certainement au but. M. Arago y a donc renoncé pour cette fois, mais en même temps il a essayé de résoudre le problème à l'aide des propriétés de la lumière polarisée. Quelques explications très-courtes feront comprendre ce dernier moyen d'investigation.

Toute lumière directe se partage constamment en deux faisceaux de même intensité, quand elle traverse un cristal doué de la double réfraction; toute lumière réfléchie spéculairement donne, au contraire, dans certaines positions du cristal à travers lequel on l'a fait passer, deux images d'intensité dissemblable, pourvu cependant que l'angle de réflexion n'ait pas été de 90°. Théoriquement parlant, rien ne semble donc plus facile que de distinguer la lumière directe de la lumière réfléchie; mais dans l'application il n'en est pas ainsi : sous certains angles de réflexion pour divers corps, et sous tous les angles pour d'autres natures de corps, la différence d'intensité des deux images est inappréciable à nos organes. Il faut ajouter que les seuls rayons régulièrement réfléchis changent ainsi de nature (se polarisent) dans l'acte de la réflexion; que ceux, au contraire, qui après s'être, pour ainsi dire, identifiés avec la substance des corps, font voir cette substance de tous les côtés, conservent avec la lumière directe la propriété de donner toujours deux images à très-peu près égales; enfin, que dans le plus grand nombre de cas, et surtout quand il s'agit des corps célestes, la lumière régulièrement réfléchie, la lumière spéculaire qui arrive à notre œil, est une si petite partie

de la lumière totale, qu'on ne doit guère espérer d'apercevoir quelque dissemblance entre les deux parties du faisceau bifurqué. Toutefois, en s'aidant de diverses précautions dont le détail serait ici sans intérêt, M. Arago parvint à discerner une très-légére différence d'intensité entre les deux images de la brillante comète de 1819. (Voir plus loin le chapitre consacré à cette comète.)

Nous venons de dire que la différence des deux images de la comète de 1819 était très-légère; or, quoiqu'en se servant de l'appareil de M. Arago, MM. de Humboldt, Bouvard et Mathieu fussent arrivés au même résultat, il était désirable que l'importante conséquence astronomique qui s'en déduisait ne fût pas uniquement fondée sur une fugitive inégalité d'éclat : les erreurs qu'en ce genre on trouve dans les travaux des plus célèbres physiciens sont connues de tout le monde.

M. Arago modifia donc son premier appareil de manière que l'inégalité primordiale des images dût se transformer en une dissemblance de couleur. Ainsi, au lieu d'une image forte et d'une image faible, on devait avoir, pour certaines positions, une image rouge et une image verte; pour d'autres, une image jaune et une image violette, et ainsi de suite, en parcourant d'un côté toutes les couleurs prismatiques, et de l'autre toutes les nuances complémentaires. Nous ne parlerons pas ici des expériences à l'aide desquelles on a reconnu qu'une très-légère différence d'intensité se distingue moins aisément que la différence correspondante de coloration; mais nous insisterons sur cette réflexion dont chacun sentira la justesse, qu'une différence de couleur est un phénomène non équi-

voque, qui ne laisse, qui ne peut laisser aucun doute dans l'esprit, tandis qu'il s'en faut de beaucoup qu'on doive dire la même chose d'une très-légère inégalite d'éclat.

Le 23 de ce mois, M. Arago, ayant appliqué son nouvel appareil à l'observation de la comète de Halley, vit sur le champ deux images qui offraient des teintes complémentaires, l'une rouge, la seconde verte. En faisant faire un demi-tour à la lunette sur elle-même, l'image rouge devenait verte, et réciproquement. Ainsi, la lumière de l'astre n'était pas, en totalité du moins, composée de rayons doués des propriétés de la lumière directe, propre ou assimilée : il s'y trouvait de la lumière réfléchie spéculairement ou polarisée, c'est-à-dire, définitivement, de la lumière venant du Soleil.

MM. Bouvard, Mathieu et Eugène Bouvard, élève astronome à l'Observatoire, voulurent bien répéter l'expérience que nous venons de faire connaître ; le résultat fut exactement le même. « Je me serais bien gardé, ajoute M. Arago, en terminant sa communication verbale, de ne pas me prévaloir des témoignages que je viens de citer, et qui, je l'espère, contribueront à faire adopter cette conséquence de mon observation : les comètes, ainsi que les planètes, empruntent leur lumière au Soleil. »

[Enfin, le 9 novembre, M. Arago a publié la Note suivante :]

M. Valz écrit qu'après deux mois d'observations assidues il retrouve à peu près, sauf une variation de 20′ dans l'inclinaison de l'orbite, les éléments de la comète de Halley qu'il avait d'abord déduits d'un arc embras-

sant la courte période de 16 jours. Voici ces derniers éléments :

Passage au périhélie. 1835, novembre 15.933, temps moyen à Nîmes, compté de midi.

Longitude du périhélie	304° 30′
Longitude du nœud	55 6
Inclinaison	17 47
Excentricité	0.967391
Demi-grand axe adopté	17.9879

Dans la lettre analysée à la page 486, M. Valz affirmait que les actions réunies de Vénus et de Mars devaient diminuer la durée de la révolution de la comète de Halley de 6 jours. Les géomètres et les astronomes se montrèrent très-peu disposés à admettre ce résultat. On a pu voir, page 488, comment M. de Pontécoulant le combattit ensuite en se fondant sur des calculs directs. M. Valz répond qu'il s'était cru d'autant plus autorisé à citer le résultat contre lequel on se récrie tant, que M. Schumacher l'a inséré, il y a plus de six mois, dans le n° 276 de son journal, sans exciter aucune réclamation ; que les six jours contestés sont aussi la conséquence d'un calcul direct ; qu'enfin, s'il y a erreur, c'est à M. Rosenberg et non à lui qu'il faut s'en prendre.

Depuis que la lettre de M. Valz nous est parvenue, nous nous sommes procuré le n° 276 du journal de M. Schumacher, car, par une singulière fatalité, il n'est encore arrivé ni à l'Institut, ni à l'Observatoire. Nous y avons trouvé, en effet, un Mémoire de M. Rosenberg, terminé par les conclusions suivantes, imprimées en gros caractères :

« On voit que l'influence de la Terre accélère d'environ 15 jours 2/3 le prochain retour de la comète au périhélie (M. Damoiseau trouvait $12^j.33$, M. de Pontécoulant $15^j.05$ pour cette accélération. *Connaissance des temps* de 1832 et de 1833); mais on voit aussi que Vénus produit une accélération d'environ 5 jours 1/3 sur ce retour, et Mercure et Mars, considérés ensemble, une accélération qui s'élève presque à un jour entier. »

M. Poisson fait remarquer que, si les calculs de M. Rosenberg sont exacts, il y aurait une différence assez considérable entre le passage au périhélie observé et le passage calculé, et que, dès lors, les probabilités sont en faveur des résultats de M. de Pontécoulant.

M. Arago s'associe volontiers à l'opinion de M. Poisson, mais il n'en persiste pas moins à penser, prenant en considération le mérite distingué de M. Rosenberg, qu'il y a dans ce cas-ci matière à un examen sérieux. M. de Pontécoulant, à qui M. Arago se propose de remettre le mémoire du géomètre allemand, découvrira peut-être aisément la source de l'erreur. Au surplus, depuis le travail de M. Encke, ajoute M. Arago, on peut s'attendre, en thèse générale, soit à raison de la résistance de l'éther, soit par des causes encore inconnues, à des irrégularités sensibles dans le mouvement de telle ou telle autre comète.

M. Poisson ne pense pas que deux et même trois retours successifs au périhélie d'une comète à longue période soient suffisants pour déterminer l'effet de la résistance de l'éther, attendu qu'outre le coefficient de cette résistance, il faut connaître très-exactement la cor-

rection du moyen mouvement diurne à l'époque de la seconde apparition.

M. Arago fait encore remarquer que si les calculs de M. Rosenberg étaient exacts, la comète de Halley observée serait trouvée notablement moins avancée dans sa course que la comète calculée; or, la résistance de l'éther produirait un effet diamétralement contraire. En admettant les résultats de M. de Pontécoulant, la discordance est moindre, mais dans le même sens. Ainsi, quant à la comète de Halley, on ne pourrait pas recourir à l'éther pour expliquer les différences actuelles entre la théorie et l'observation; d'ailleurs, y a-t-il réellement des différences?

[Dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour 1836, M. Arago a résumé les résultats obtenus par les observations faites durant la dernière apparition de la comète de Halley. Ce résumé fait presque en entier partie de l'*Astronomie populaire* (liv. XVII, chap. VI, XX, XXIII). Les passages suivants ont seuls été omis.]

Effet de la résistance de l'éther sur l'époque du passage au périhélie. — Suivant les calculs d'après lesquels le passage de la comète arrivait le 13 novembre, la révolution qui vient de s'accomplir sous nos yeux, aurait été

		jours.
augmentée	par l'action de Jupiter de........	135.34
et diminuée	par l'action de Saturne de.......	51.53
	par l'action d'Uranus de.........	6.07
	par l'action de la Terre de.......	11.70
La perturbation totale se trouvait ainsi réduite à une augmentation de.......................		66.04

Le plus fort dérangement de la comète provenant de Jupiter, et le rapport de la masse de cette planète à la masse du Soleil étant le principal élément du calcul, on concevra sans peine que le moindre changement dans la valeur du rapport dont il s'agit ne peut manquer de modifier notablement le résultat final.

Lorsque M. de Pontécoulant trouvait le 13 novembre pour le moment du passage de la comète de Halley au périhélie en 1835, il supposait, avec la plupart des astronomes, que 1054 globes semblables à Jupiter seraient nécessaires pour former un poids égal à celui du Soleil. Des observations récentes ont montré qu'il n'en faudrait que 1049. Eh bien ! cette légère augmentation de la masse de Jupiter, porte le passage au périhélie de la comète de Halley, du 13 au 16. La différence entre le calcul et l'obervation ne serait plus guère que d'un demi jour sur 76 ans.

Cette admirable concordance a soulevé des doutes qui ne sont pas encore entièrement dissipés. On vient de voir que M. de Pontécoulant n'a tenu compte, en fait de pertubations, que de celles qui sont engendrées par Jupiter, Saturne, Uranus et la Terre ; or voici venir un géomètre allemand, M. Rosenberg, lequel annonce que les actions, négligées comme insensibles, de Vénus, de Mercure et de Mars, peuvent produire une accélération de 6 jours 1/3 ; savoir, 5 jours 1/3 du fait de Vénus, et un jour par les attractions combinées de Mars et de Mercure. Le géomètre français persiste à soutenir que les actions de Vénus, en plus et en moins, se compensent entièrement ; que Mars ne saurait, à cause de sa petitesse, changer

d'un jour l'époque du passage de la comète au périhélie, et qu'il en est de même de Mercure.

Cette difficulté ne pourra être vidée qu'à l'aide de recherches numériques minutieuses, d'une longueur extrême. Au reste, il faut bien se le rappeler, la question en litige est définitivement celle-ci : le calcul des perturbations, fondé sur la théorie de l'attraction universelle, a-t-il donné le moment du passage de la comète de Halley par son périhélie, à la précision d'un jour ou, seulement, à la précision d'une semaine ?

Les retours fréquents d'une autre comète (de la comète à courte période) à son périhélie (voir précédemment p. 467 et suiv.), ont fait découvrir récemment, dans la marche de cette astre, un dérangement qui a excité au plus haut degré l'attention des astronomes et des géomètres. Les durées moyennes d'une révolution entière de cette petite comète, toute déduction faite des perturbations occasionnées par l'action des planètes dans le voisinage desquelles sa course l'a successivement amenée, ont été, d'après les recherches de M. Encke :

	jours.
de 1786 à 1795..............	1208.112
de 1795 à 1805..............	1207.879
de 1805 à 1819..............	1207.424

L'accroissement de vitesse, comme on voit, est petit, mais évident. On n'en a trouvé jusqu'ici qu' ne cause plausible : elle consiste à supposer que l'éther, que la substance gazeuse excessivement rare dont les espaces célestes sont remplis, oppose une résistance appréciable aux mouvements de la comète à courte période.

On avait espéré que le passage récent de la comète de Halley par son périhélie, comparé au passage de 1759, répandrait quelques lumières nouvelles sur l'importante question cosmologique de la résistance de l'éther ; mais il serait prématuré de se livrer sur ce point à aucune discussion sérieuse, tant qu'on n'aura pas levé les doutes signalés plus haut, concernant les perturbations engendrées par les petites planètes. On doit même ajouter que, dans les immenses calculs que nécessite la détermination des altérations subies par les divers éléments de l'orbite de la comète de Halley, il faudra désormais tenir compte d'une multitude de petites quantites qui, prises isolément, sont négligeables, mais dont l'ensemble peut altérer le résultat final d'une manière sensible. Je me contenterai de faire, à ce sujet, cette seule remarque, que les différences actuelles entre la théorie et l'observation, soit qu'on adopte les calculs de M. de Pontécoulant, soit qu'on doive préférer ceux de M. Rosenberg, ne sauraient dépendre de la résistance de l'éther.

Quel peut être, en effet, le résultat immédiat de l'action d'un milieu résistant sur une comète qui le traverse? Une diminution dans sa vitesse, ou bien dans ce qu'on est convenu d'appeler sa force centrifuge. Or, une diminution de force centrifuge serait l'équivalent d'une augmentation dans la puissance attractive du Soleil ; cette augmentation, à son tour, aurait pour effet un rapprochement de la comète et du Soleil, une diminution dans les dimensions de l'orbite primitive. Mais d'après la troisième loi de Kepler, les astres se meuvent avec d'autant plus de vitesse que les rayons des courbes qu'ils parcourent sont

plus petits; ainsi, en traversant un éther résistant, la comète de Halley serait arrivée à son périhélie de 1835, plus tôt qu'en se mouvant dans le vide; or, au contraire, d'après M. Rosenberg, l'astre observé aurait été de six jours en retard sur les résultats de calculs dégagés de toute considération sur la présence d'un milieu résistant tel que l'éther. La différence, quoique beaucoup plus petite, trouvée par M. de Pontécoulant, est dans le même sens. Jusqu'ici la dernière apparition de la comète de Halley n'a donc rien ajouté à nos connaissances sur la constitution physique des espaces célestes.

Sur d'anciennes apparitions de la comète de Halley. — On a prétendu que les comètes de l'an 134 et de l'an 52 avant notre ère; que celles de 400 après J.-C., de 855, de 930, de 1006, de 1230, de 1305, de 1380 étaient des apparitions de la comète de Halley. Cette identité n'est rien moins que prouvée, puisqu'on n'a aucun moyen de déterminer les éléments paraboliques d'un astre quand les historiens n'ont pas dit quelle série de constellations il a traversée dans sa course. En tout cas, l'identité de toutes ces comètes, fût-elle admise, elle ne conduirait pas aussi nettement qu'on le suppose, à l'idée d'une diminution graduelle d'intensité dans la lumière de l'astre.

Que conclure par exemple de ce que la chronique de sainte Maxence rapporte qu'en 855 on vit une comète pendant vingt jours? Il ne nous est non plus rien parvenu de précis sur la grandeur apparente de la comète qui fut visible en 1230, d'après ce qu'on trouve dans Dubrav.

Les chroniques font mention d'une grande comète qui se montra en 1305, vers les fêtes de Pâques; elle avait une longue queue; certains historiens l'appellent *cometa horrendæ magnitudinis;* mais ceci serait d'autant plus difficile à traduire exactement en degrés, que la peste qui se déclara contribua sans doute à grossir l'astre aux yeux du public. Enfin, on ne peut rien conclure des observations d'une comète vue au Japon et en Europe dans le mois de novembre 1380; elle n'était sans doute pas bien remarquable, car peu d'historiens en parlent.

La comète de Halley n'a exercé aucune influence sur la température terrestre en 1835. — Appuyé sur une appréciation rigoureuse des observations combinées des astronomes et des météorologistes, j'ai prouvé (*Astronomie populaire*, liv. XXXII, chap. XXV, t. IV, p. 625), que ni la célèbre comète de 1811, ni aucune autre comète connue, n'ont jamais occasionné sur le globe le plus petit changement appréciable dans la marche des saisons. J'avais eu le soin de procéder par groupes d'observations, par moyennes, afin que mes résultats fussent dégagés de l'influence des circonstances accidentelles. Eh bien, on m'oppose aujourd'hui un fait isolé. On cite les mois d'octobre et de novembre 1835; on veut attribuer la douce température dont le nord de la France a joui pendant ces huit semaines, à l'influence de la comète de Halley !

L'objection n'est vraiment pas sérieuse, et si je suis embarrassé, c'est de choisir entre dix réponses également concluantes.

Pour montrer d'abord combien il est peu conforme aux

règles d'une saine logique de considérer deux phénomènes isolés comme cause et effet, par la seule raison qu'ils se sont présentés simultanément, je pourrais citer, d'une part, des mois d'octobre et de novembre plus tempérés encore que ceux de 1835, sans qu'alors il y eût de comètes visibles; d'autre part, je trouverais ces mêmes mois très-froids, avec de brillantes comètes au-dessus de l'horizon; mais pour aller au but plus directement encore, je ferai remarquer qu'à la fin de 1835, quand Paris jouissait d'une température fort douce, il faisait excessivement froid dans le Midi de la France, ce qui, dans le système que je réfute, conduirait inévitablement à cette conséquence, que la comète agissait en plus ou en moins, suivant la position des lieux.

J'ajoute encore qu'au moment où j'écris ces lignes, qu'au moment où le froid si vif du mois de décembre se manifeste, la comète de Halley est encore visible, quoique le public n'y songe plus guère; que même elle vient de s'échauffer aussi fortement que possible en passant par son périhélie. Il faudrait donc supposer qu'elle échauffait l'horizon de Paris quand elle était plus froide, et qu'au contraire elle le refroidissait après s'être elle-même échauffée!

Si je ne savais par expérience qu'en météorologie, on ne rencontre guère que des imitateurs imperturbables du célèbre abbé Vertot, que des personnes dont le siége est irrévocablement fait, j'aurais quelque confiance, je l'avoue, dans la valeur des arguments que je viens de développer.

III

CRITIQUE DE QUELQUES HYPOTHÈSES SUR LA CHALEUR DES COMÈTES, ET SUR LA NATURE DE LEUR QUEUE[1]

La *Bibliothèque universelle de Genève* a traduit en septembre 1816, des *Transactions de la Société littéraire et philosophique de New-York*, un Mémoire de M. Williamson sur les comètes, qu'il ne faut pas laisser passer sans quelques remarques.

Les opinions de M. Williamson sont : 1° que les comètes n'éprouvent jamais un grand degré de chaleur dans aucune partie de leur révolution ; 2° que leur queue n'est point une matière enflammée, mais l'atmosphère même de la comète chassée derrière le noyau par l'impulsion des rayons du Soleil ; 3° que, suivant toutes les probabilités, ces astres sont habités.

M. Williamson croit trouver la démonstration de son premier principe dans le froid qu'on éprouve sur les hautes montagnes, même sous la zone torride, lorsque la couche d'air dans laquelle on se trouve est suffisamment rare : en conséquence de ce fait, un corps dépourvu d'atmosphère ne pourrait jamais, suivant lui, être fortement échauffé par le Soleil, quelle que fût d'ailleurs sa distance à cet astre. Un coup d'œil sur le *Voyage* de Saussure, sur la *Géographie des plantes* de M. de Humboldt, etc., lui aurait épargné une assertion aussi singu-

1. Note publiée en 1816 dans les *Annales de chimie et de physique* (t. III, p. 267).

lière. En admettant que la chaleur augmente inversement comme le carré de la distance au Soleil, Newton trouva que la comète de 1680 dut acquérir, à son passage au périhélie, une chaleur deux mille fois plus forte que celle d'un fer rouge. « Mais on a calculé, dit M. Williamson, qu'un globe de fer rouge de la grosseur de notre terre mettrait cinquante mille ans à se refroidir; si donc la comète, qui était aussi grosse que notre terre, s'était refroidie aussi lentement que le fer, il lui aurait fallu cinq cent mille ans pour se refroidir... Cependant, cette comète disparut au bout d'environ trois mois, dans une position où on aurait dû certainement l'apercevoir si elle eût conservé sa lumière. » L'auteur ne nous dit pas sur quelles observations il se fonde pour affirmer que la comète de 1680 était aussi grande que la Terre; les astronomes savent que la mesure de ce qu'on appelle le noyau est sujette à une assez grande incertitude, et que cette partie de l'astre ne se distingue du reste de la chevelure que par une plus grande intensité de lumière. Quel parti peut-on d'ailleurs tirer des lois que Newton avait déduites d'expériences faites sur un métal incandescent, lorsqu'il s'agit de déterminer le temps du refroidissement d'une matière aussi peu dense que semble l'être celle dont se composent la queue, la chevelure et même le noyau des comètes.

L'article du Mémoire de M. Williamson dans lequel il cherche à démontrer, comme Kepler l'avait déjà admis, que la queue des comètes est nécessairement produite par l'impulsion des rayons solaires, pourrait donner lieu à des objections non moins solides. Des expériences très-

imparfaites de Homberg avaient fait croire, un certain temps, à la réalité de cette impulsion ; mais en opérant dans le vide, à l'aide d'une balance de torsion très-sensible et avec toutes les précautions que commandait une recherche aussi délicate, M. Bennet n'a jamais observé aucun mouvement qui pût être attribué au choc des rayons, quoiqu'il eût l'attention d'en réunir un grand nombre sur le même point, à l'aide d'une lentillle à large ouverture[1]. L'idée de Kepler ne doit donc être regardée que comme une hypothèse qui explique jusqu'à un certain point le fait remarqué, pour la première fois, par Apian, que les queues des comètes sont toujours à peu près opposées au Soleil ; mais aucune expérience directe et digne d'attention n'a prouvé, jusqu'ici, que les rayons solaires aient un *momentum* appréciable.

Sans tenir aucun compte des observations astronomiques qui semblent démontrer que, si les comètes ont des noyaux solides, ils sont excessivement petits, M. Williamson peuple ces astres à sa guise, et porte l'attention jusqu'à nous rappeler que l'ouverture de la pupille se dilate ou se contracte selon le degré d'intensité de la lumière ; « en sorte, ajoute-t-il, que nous n'avons pas lieu de craindre que les habitants d'une comète aient à souffrir à cet égard. » Il cherche également à rassurer ceux qui attacheraient trop d'importance aux effets de la pression de l'atmosphère, et termine par quelques considérations générales qui ne sont ni plus neuves ni plus exactes que tout ce qui précède.

1. Voir t. VIII des *Œuvres*, t. IV des *Notices scientifiques*, p. 447 à 454, un article sur l'impulsion des rayons solaires.

IV

SUR LA DIRECTION DE LA QUEUE DES COMÈTES [1]

M. Édouard Biot m'a écrit la lettre suivante : « La première observation de la direction des queues des comètes en sens opposé au Soleil est généralement attribuée à l'astronome allemand Apian, qui vivait au milieu du XVIe siècle ; elle me paraît appartenir aux astronomes chinois, d'après le texte suivant, extrait des *Annales* de la dynastie Thang, qui a régné en Chine, de l'an 618 à l'an 907 de notre ère. Dans la section de l'état du ciel, jointe aux annales de cette dynastie (*Thang-sse* de la Bibliothèque royale), la description d'une comète observée le 22 mars et les jours suivants de l'an 837, est terminée par ces mots : « En général, quand une comète (littéralement un balai) paraît le matin, alors elle est dirigée vers l'occident ; quand elle paraît le soir, elle est dirigée vers l'orient. C'est une règle constante. » Le terme balai, *soui*, par lequel la comète est désignée, est le nom le plus ordinaire des comètes en chinois ; ce terme se rapporte évidemment à la queue, tandis que le noyau est appelé *ti*, le corps, lorsqu'il est désigné séparément. »

Le curieux renseignement qui précède devra sans contredit prendre désormais sa place dans l'histoire de l'astronomie ; mais il n'effacera pas toutefois l'observa-

1. Note publiée en 1843 (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 751).

tion d'Apian. Cet astronome, en effet, ne se contenta pas de dire que la queue d'une comète située à l'orient du Soleil est invariablement dirigée vers l'orient à partir du noyau, et que la queue d'une comète occidentale se porte à l'occident ; il annonça que l'axe de la queue prolongé passe par le Soleil.

V

POLARISATION DE LA LUMIÈRE DES COMÈTES — OBSERVATIONS DE LA BRILLANTE COMÈTE DE 1819

Dans le tome Ier de son *Cosmos*, mon illustre ami M. de Humboldt a bien voulu insérer la Note suivante (p. 457) :

« Les premières recherches dans lesquelles Arago ait fait usage des phénomènes de la polarisation pour analyser la lumière des comètes remontent au 3 juillet 1819, le soir même de l'apparition subite de la grande comète. Je me trouvais alors à l'Observatoire, et je pus me convaincre, comme Mathieu et comme feu Bouvard, que les deux images lumineuses données par la lunette prismatique étaient d'un éclat inégal quand l'instrument recevait la lumière de la comète. Pour la Chèvre, non loin de laquelle la comète se trouvait située ce soir-là, les deux images étaient d'égale intensité. A l'époque du retour de la comète de Halley, en 1835, l'appareil modifié indiquait la présence de la lumière polarisée, par le contraste de deux images de couleurs complémentaires (rouge et verte par exemple) ; c'était une application nouvelle de la polarisation chromatique dont la découverte est due à Arago. »

On a observé en 1819 trois comètes. Deux d'entre elles ne furent pas visibles à l'œil nu; elles ont été toutes deux découvertes à Marseille, l'une le 21 juin par Pons, l'autre le 28 novembre par Blanpain; elles sont regardées comme pouvant être périodiques (ce sont elles qui sont rangées sous les numéros 134 et 135 dans le catalogue des comètes calculées de M. Arago; *Astronomie populaire*, liv. XVII, chap. X, t. II, p. 304; voir aussi chap. XII, p. 312). La brillante comète de 1819, sur laquelle jai fait les observations de polarisation rapportées par M. de Humboldt, a été découverte par Tralles, observée dans toute l'Europe du 1er juillet au 20 octobre, calculée par Bouvard, Brinkley et plusieurs autres astronomes (nº 133 du catalogue, *Astronomie populaire*, t. II, p. 304, 337, 353, 381, 384 (fig. 197), 418 à 422; t. IV, p. 630). Je consignai en ces termes, dans les *Annales de chimie et de physique* (t. XIII, p. 108, cahier de janvier 1820) les observations de polarisation dont il s'agit :

« Le noyau lumineux de la comète avait un diamètre sensible; mais il n'était pas rond! On s'est assuré que la supposition d'une phase n'aurait pas expliqué les irrégularités du disque. N'est-ce pas quelque phénomène de ce genre que La Hire avait observé dans la comète de 1682 et qu'il a dessiné une seule fois dans ses registres comme une phase du noyau?

« Si les comètes, comme on doit le croire, sont des amas de vapeurs légères et diaphanes, l'absence de toute phase perceptible ne prouve pas que ces astres soient lumineux par eux-mêmes; car la lumière solaire, pénétrant toute leur masse, doit évidemment se réfléchir de tous leurs

points. Les phénomènes récemment découverts par les physiciens, et qu'ils ont désignés sous le nom de *polarisation de la lumière*, fourniront probablement un jour le moyen de décider cette question.

« On sait, en effet, que les rayons directs et les rayons réfléchis ont des propriétés fort distinctes et qui se manifestent surtout dans l'acte de la double réfraction. Les premiers de ces rayons donnent toujours deux images également vives; pour les autres, les deux faisceaux réfractés ont des intensités inégales et qui varient avec la position du cristal dont on se sert relativement aux plans sur lesquels les rayons ont été réfléchis; malheureusement, ces différences d'intensités sont très-légères et difficilement appréciables sous certaines inclinaisons. Quoi qu'il en soit, le 3 juillet, jour de la première apparition de la comète à Paris, j'ai soumis la lumière de cet astre à des épreuves de ce genre, et il m'a semblé qu'elle présentait quelques traces de polarisation.

« Pour éviter toute erreur, j'employais des prismes de cristal de roche achromatisés et enchâssés dans des montures qui ne permettaient pas de soupçonner le sens de leurs sections principales ; je déterminais ensuite, à la vue, la position dans laquelle les deux images de la comète étaient le plus inégales, et sans faire tourner le prisme sur lui-même, je l'appliquais immédiatement après à l'analyse d'un faisceau de lumière réfléchi par un miroir de verre, afin de découvrir quel genre de polarisation l'expérience manifestait. Ces épreuves, répétées un grand nombre de fois, avec trois prismes différents, indiquèrent toutes uniformément l'espèce de polarisation

que la lumière solaire aurait éprouvée en se réfléchissant sur la queue de la comète. MM. de Humboldt, Bouvard, Mathieu et Nicollet voulurent bien prendre part à ces expériences, et arrivèrent aussi, de leur côté, au résultat précédent. J'ajouterai que les mêmes prismes avec lesquels on apercevait quelques traces de polarisation sur la comète, donnaient, au contraire, deux images de la Chèvre parfaitement pareilles. Cette étoile, au moment de nos observations, était dans la région de la comète et à la même hauteur au-dessus de l'horizon.

« Si je ne savais combien il faut se défier des observations photométriques, lorsque les différences d'intensité sont légères, je dirais que les expériences précédentes prouvent que la comète n'était pas lumineuse par elle-même et qu'elle réfléchissait les rayons du Soleil ; mais je me contenterai de présenter aujourd'hui ce résultat comme une simple probabilité. J'engagerai ensuite les astronomes qui voudront répéter ces expériences, quand une comète un peu brillante se montrera, à chercher les traces de polarisation plutôt dans la diversité de couleur des images ordinaire et extraordinaire fournies par le faisceau incident préalablement modifié avec une lame de cristal de roche perpendiculaire à l'axe, que dans leur différence d'intensité. »

Le 6 août 1819, Bouvard me remit sur la grande comète de 1819, la Note suivante :

« La comète située dans la constellation du Lynx, qui s'est montrée tout à coup dans les premiers jours de juillet, est maintenant trop éloignée de la Terre pour être visible à la simple vue.

« Le temps ayant été assez beau pendant le mois dernier, les astronomes ont fait un très-grand nombre d'observations de cet astre, de manière à pouvoir déterminer ses éléments paraboliques avec beaucoup d'exactitude; ceux que je publie aujourd'hui se fondent sur les observations faites depuis le 3 juillet jusqu'au 1er de ce mois (août). Voici ces éléments :

Instant du passage de la comète à son périhélie : le 28 juin, à 5 heures 17 minutes, temps moyen, compté de minuit.

Distance périhélie, la distance du Soleil à la Terre étant prise pour unité	0.34007
Longitude du nœud ascendant	270° 42′ 34″
Longitude du périhélie	287 4 55
Inclinaison de l'orbite	80 45 0
Mouvement héliocentrique	direct.

« Ces éléments représentent les observations assez exactement; les plus grandes erreurs en longitude ne s'élèvent pas au-dessus de 26″, et elles sont au-dessous de 50″ pour la latitude. Ces éléments seront probablement perfectionnés à l'aide des observations que l'on fera encore avant l'entière disparition de la comète (voir *Astronomie populaire*, t. II, p. 304); mais il est probable qu'on ne pourra ni déterminer son ellipse, ni par conséquent annoncer son retour. Déjà, dès ce moment, on peut affirmer que cet astre ne ressemble à aucune des comètes anciennement observées : il était donc impossible de prédire son apparition.

« Il résulte des éléments précédents que, lors du passage de la comète au périhélie, le 28 juin, sa distance au Soleil était d'environ 12 millions de lieues. Le 3 août, cette distance était à peu près égale à 34 millions de

lieues. Enfin, le 3 juillet, quand la comète a été pour la première fois aperçue à Paris, elle était éloignée de la Terre d'environ 28 millions de lieues. »

Dans le moment de son apparition, la comète qui nous occupe n'était pas très-éloignée de la Terre; le 29 juin, par exemple, sa distance à la Terre ne dépassait guère 0.05, c'est-à-dire le vingtième de la distance du Soleil; le 3 juillet, elle n'était encore que de 0.1. Le 24 juillet, cet astre était déjà douze fois plus loin que le 29 juin. Il est donc facile de concevoir pourquoi il s'est si rapidement affaibli.

On suppose assez généralement que les queues des comètes se composent de vapeurs légères transportées à de grandes distances par l'impulsion des rayons solaires. Dans cette hypothèse, la queue doit être presque diamétralement opposée au Soleil; ce qui est conforme aux observations. Le 3 juillet, vers minuit, la queue de la comète de 1819 était, de plus, à peu près verticale; mais cette circonstance particulière, que le public a beaucoup remarquée, est une conséquence immédiate du principe que nous venons d'énoncer, et tient uniquement à ce que la comète et le Soleil avaient alors des ascensions droites peu inégales, et que ces deux astres arrivaient au méridien vers la même époque. La comète s'étant beaucoup déplacée plus tard, la ligne qui joignait son centre à celui du Soleil n'a plus été verticale à minuit, et la queue, dont cette ligne indique constamment la direction, était, à la même heure, sensiblement inclinée à l'horizon. La longueur absolue de la queue peut facilement se déduire de l'angle qu'elle sous-tendait et de la distance de la comète

à la Terre : on a trouvé ainsi que, le 3 juillet, cette longueur n'était pas tout à fait de 700 mille lieues. La matière de la queue et celle de la chevelure étaient, comme d'habitude, d'une rareté extrême ; la lumière des plus petites étoiles n'éprouvait pas d'affaiblissement sensible en traversant la nébulosité même dans le voisinage du noyau.

Olbers a fait sur cette comète cette remarque importante : c'est que le 26 juin 1819 au matin, le Soleil, la comète et la Terre étaient presque sur une même ligne droite ; conséquemment, la comète, pendant un temps assez long, a dû se projeter et être visible sur le Soleil. D'après ses calculs, Olbers a trouvé que le noyau de la comète a atteint le bord austral du Soleil le 26 juin, à $5^h\ 39^m$ de temps moyen compté au méridien de Berlin ; le mouvement de la comète était dirigé du sud au nord : à $7^h\ 30^m$, cet astre était placé à $1'\ 27''$ à l'ouest du centre du Soleil ; son émersion au bord septentrional du disque doit avoir eu lieu à $9^h\ 18^m$. Olbers a ajouté ces mots : « On ne peut pas déterminer avec exactitude l'étendue de la queue de la comète ; il est cependant très-probable que quelques-unes de ses parties se sont mêlées à notre atmosphère, quoiqu'il ne m'ait pas été possible d'en apercevoir aucune trace. Il serait bien à désirer que quelqu'un eût observé accidentellement le disque solaire le 26 juin au matin, dans le but d'examiner les taches. »

Voilà évidemment des questions de la plus haute importance. Et d'abord, la comète a-t-elle passé devant le disque du Soleil ? Les conséquences qui pouvaient résulter des observations de l'état de la surface solaire, faites en

ce moment par quelque astronome non prévenu du phénomène, devaient être trop curieuses relativement à la constitution physique des comètes, pour qu'on ne cherchât pas à vérifier, par de nouveaux calculs, les nombres qu'Olbers avait obtenus. Bouvard a bien voulu, à ma prière, déterminer l'instant de l'entrée de la comète sur le disque solaire, et celui de la sortie, en se servant des éléments paraboliques qu'il avait préalablement déterminés et qui représentent avec une précision remarquable toutes les observations faites depuis le 3 juillet jusqu'au 1er septembre. Voici ses résultats :

La comète a atteint le bord inférieur du soleil le 26 juin 1819, à $5^h 13^m$ du matin, temps moyen de Paris. Elle a dû sortir, au bord supérieur, à $8^h 50^m$, et se projeter conséquemment sur le disque solaire pendant trois heures trente-sept minutes.

En tenant compte de la différence des longitudes entre Paris et Berlin, on verra que ces nombres ne s'écartent des résultats d'Olbers que d'environ treize minutes.

Le général Lindener, gouverneur de Glatz, ayant pu constater qu'il avait observé le disque solaire précisément au moment calculé par Olbers et ayant lu sur ses registres qu'il n'avait vu alors aucune tache sur le Soleil, Bode se hâta de publier le fait, et il en conclut que probablement le noyau de la comète n'était pas un corps opaque.

Cette conséquence était d'autant plus naturelle que l'objet spécial des recherches du gouverneur de Glatz était précisément l'étude des taches solaires. Il fallait aussi en conclure que les chevelures qui entourent généralement les noyaux des comètes n'interceptent pas

d'une manière appréciable la lumière qui les traverse. Quant au noyau proprement dit, il eût dû être, le 26 juin, ou diaphane lui-même, ou extrêmement petit; mais le 3 juillet au soir, huit jours seulement après le passage de la comète sur le Soleil, à l'instant de sa première apparition à Paris, le noyau sous-tendait un angle très-sensible et qui aurait certainement pu s'apercevoir avec un grossissement de huit ou dix fois qu'employait le général Lindener; ainsi la portion centrale et douée d'une lumière uniforme, que les astronomes appellent le noyau, devait être au moins diaphane en partie; rien n'empêchait ensuite qu'on n'admît que le noyau lumineux enveloppait un corps solide, opaque, qui, par la petitesse de ses dimensions, avait échappé aux observations : les grossissements dont se servait le général Lindener permettaient, dans tous les cas, de supposer que ce corps opaque, s'il existait, ne sous-tendait pas, dans le cas actuel, un angle de plus de 2″ de degré.

Toutes ces conséquences reposaient sur la double supposition que le général Lindener avait une très-grande habitude des observations astronomiques et que sa vue, à l'âge avancé de soixante-dix-sept ans, était encore suffisamment bonne. Malheureusement, voici des témoignages incontestables qui prouvent l'existence de taches le 26 juin, ce qui démontre une fois de plus combien il faut être réservé dans les conséquences à tirer de faits purement négatifs.

M. Schumacher, à Altona, a déterminé l'erreur de collimation du sextant de Troughton plusieurs fois au mois de juin 1819 et entre autres le 25, vers 20ʰ. Il s'est posi-

tivement rappelé n'avoir jamais vu le Soleil sans taches.

Le professeur Brandes, à Breslau, a regardé le Soleil le 26 juin, un peu avant midi, avec une lunette grossissant 34 fois, et il a aperçu une tache bien visible prête à passer derrière le disque, et précisément à l'endroit où devait être la comète d'après les calculs de son orbite.

Le docteur Gruithuysen, à Munich, a vu, le 26 juin, à 8h du matin, deux petites taches sans nébulosité, près du bord occidental du Soleil. Il en a vu une aussi au milieu du disque. « Autant que se rappelle M. Gruithuysen, dit Olbers qui a discuté tous ces faits, la tache du milieu était très-petite et indéterminée ; il serait donc possible que ce physicien eût vu la comète sur le disque du Soleil. Néanmoins, il restera des doutes tant qu'on n'apprendra pas qu'un autre observateur a vu ce point noir soit avant, près du bord austral, soit après, près du bord boréal, attendu qu'on n'a jamais vu des taches dans le voisinage des pôles du Soleil. Cette tache du milieu paraissait un peu plus grande que le double du 4e satellite de Jupiter; ce n'était pas une ancienne tache : en effet, quatre jours auparavant, M. Gruithuysen avait observé les taches suivantes : près du bord occidental, une grande tache avec nébulosité ; vers le milieu, mais encore un peu à l'occident, trois nouvelles taches d'une certaine grandeur et beaucoup de petites ; tout près du bord oriental, une petite tache. Les grandes taches du milieu devaient être, dit M. Gruithuysen, le 26 juin, près du bord occidental, et avoir diminué beaucoup ; celle du bord oriental avait disparu ; au moins est-il certain qu'elle n'était pas parvenue au milieu du Soleil en quatre jours : il suit de là,

que le petit point noir au milieu du disque, le 26 juin, était une tache nouvelle ou le noyau de la comète. »

Les observations de Brandes et Gruithuysen paraissent indiquer que, entre le 23 et le 28 juin, nulle des taches ordinaires, vues avant ou après cette époque, n'a pu se montrer au milieu du disque solaire, et l'observation faite à Hanovre par le professeur Wildt paraît confirmer celle faite le 26 juin par le docteur Gruithuysen. Le professeur Wildt a vu une tache indéterminée sur le Soleil ; elle lui parut peu intéressante, précisément parce qu'elle était comme délayée, et il ne la consigna pas sur son registre. N'est-ce pas le lieu de remarquer que la constatation exacte d'un fait physique n'est jamais indifférente dans les sciences d'observation?

Il est très-regrettable qu'il n'y ait eu aucune observation décisive d'un phénomène aussi intéressant et aussi rare que la projection du noyau d'une grande comète sur le disque du Soleil.

Le 26 juin, la distance de la comète à la Terre était les sept-dixièmes environ de la distance de la Terre au Soleil. La queue, à la même époque, si j'en juge du moins par les dimensions qu'elle avait le 3 juillet, ne devait guère surpasser le dixième du rayon vecteur du Soleil : je ne devine pas sur quels éléments Olbers s'est appuyé pour avancer qu'une portion de cette queue a dû probablement pénétrer dans l'atmosphère terrestre.

On avait déjà eu recours au passage de la Terre dans une queue de comète pour expliquer le brouillard singulier qui, en 1783, couvrit la presque totalité de l'Europe. Plusieurs des phénomènes dont l'apparition de ce brouil-

lard fut accompagnée peuvent se concilier avec l'hypothèse en question; mais il en est un qui, si je ne me trompe, lui est directement contraire.

Ce brouillard ou cette fumée, comme l'ont appelé quelques météorologistes, ne ressemblait aucunement aux brouillards ordinaires. Ceux-ci sont généralement fort humides; toutes les relations s'accordent à présenter l'autre comme très-sec. A Genève, Senebier trouva que l'hygromètre à cheveu de Saussure qui, dans les brouillards proprement dits marque 100°, n'indiquait dans celui de juin 1783 que 68°, 57°, 65°, 67°, etc.

Ce brouillard commença le même jour (18 juin) dans des lieux fort distants les uns des autres, comme Paris, Avignon, Turin, Padoue; il dura plus d'un mois.

Il ne paraissait pas apporté par l'air; car, dans certains points, il se montra par le vent du nord et dans d'autres par des vents de l'est ou du sud.

Les voyageurs le rencontrèrent sur les plus hauts sommets des Alpes.

Les pluies abondantes qui tombèrent en juin et juillet et les vents les plus forts ne le dissipèrent pas.

Jamais les orages ne furent ni aussi fréquents ni aussi intenses que pendant la durée de ce brouillard.

En Languedoc, sa densité fut telle quelquefois que le Soleil n'était visible le matin qu'à 12 degrés de hauteur au-dessus de l'horizon; le reste du jour cet astre était rouge et pouvait être observé à l'œil nu.

MM. de Lamanon et Van Swinden, dont l'un résidait en Provence et l'autre en Hollande, assurent que le brouillard répandait une odeur désagréable.

Enfin, et ceci est très-digne de remarque, le brouillard paraissait doué d'une vertu phosphorique : du moins quelques observateurs assurent que, le jour même de la nouvelle lune, il répandait une lumière presque égale à celle que nous recevons de cet astre dans son plein et qui suffisait pour apercevoir distinctement des objets éloignés de plus de 200 mètres.

Admettons pour un moment que tous ces phénomènes étaient produits par la queue d'une comète alors plongée dans notre atmosphère, et dont le noyau, qui pouvait se coucher presque en même temps que le Soleil, ne s'apercevait pas ; il est évident que, dans cette hypothèse, une partie déterminée de la queue devait, en vingt-quatre heures, venir successivement se mêler aux atmosphères de tous les points placés sur le même parallèle à l'équateur, en sorte que les observateurs situés, par exemple, sous 48° 50′ de latitude nord, en Asie, en Europe, en Amérique, auraient chaque jour aperçu un brouillard exactement pareil à celui qu'on remarquait en même temps à Paris. Or, ceci n'est pas conforme aux observations ; car tous les navigateurs se sont accordés sur ce fait qu'il n'y avait plus de traces de brouillard dans l'Océan Atlantique dès qu'on était à cent lieues des côtes occidentales d'Europe. J'ajouterai que nulle part on ne trouve la preuve que le brouillard ait été observé en Amérique : du sud au nord, il s'étendait depuis la côte septentrionale d'Afrique jusqu'en Suède.

La brillante comète de 1819 a été l'objet de l'étude particulière de M. Cacciatore, directeur de l'Observatoire de Palerme, qui a publié à cette occasion un opuscule.

Dans son Introduction, l'auteur donne les idées qu'il s'est formées sur la nature et l'origine des comètes; mais il n'y a pas lieu de s'y arrêter. Les observations ont été faites avec le beau cercle entier de Ramsden que possède l'Observatoire de Palerme; elles embrassent l'intervalle compris entre le 3 juillet et le 11 août, et se composent chaque jour de la hauteur et de l'azimut de la comète. M. Cacciatore en a déduit ensuite les ascensions droites et les déclinaisons par le calcul. Les éléments paraboliques que ces observations fournissent diffèrent assez peu de ceux que M. Bouvard avait déjà obtenus et qui ont été insérés plus haut (p. 513).

M. Cacciatore annonce avoir aperçu des traces non équivoques de phases dans le noyau de cette comète. Voici la traduction littérale de tous les passages de sa brochure qui se rapportent à ce genre d'observations :

« 5 juillet. La comète se voit avec exactitude et présente une phase semblable à celle de la Lune dans son croissant. J'estime que le noyau, qui est bien distinct, sous-tend un angle d'environ 8″...

« 7 juillet. Le croissant du disque de la comète est très-distinct; son diamètre me paraît être de 7″ ou 8″...

« 14 juillet. La phase de la comète a changé : le croissant s'est tourné vers le sud...

« 15 juillet au soir. Beau ciel; comète bien distincte; le croissant est vers le sud...

« 23 juillet au soir. On n'aperçoit plus de croissant sur le disque de la comète...

« Depuis le 3 jusqu'au 23 juillet, la comète conserva une grande vivacité de lumière, et son noyau, qui se

distinguait très-aisément de la nébulosité dont il était entouré, ressemblait à la Lune dans son croissant. Dans les premiers jours, le croissant paraissait placé à très-peu près dans la direction de la queue; mais le 15 juillet, il s'était déjà tourné vers la région opposée à cette même queue...

« Le 5 août. J'observai, au travers de la nébulosité, très-près du noyau, une étoile qui était tout au plus de dixième grandeur. »

Si les expressions de ce paragraphe laissaient quelque ambiguïté, nous ajouterions que, dans les figures qui accompagnent le Mémoire de M. Cacciatore, la ligne qui joint les deux cornes du croissant coïncide avec la direction de la queue le 3 juillet, et lui est, au contraire, perpendiculaire le 15 du même mois.

Faut-il maintenant conclure de ces observations, comme le pense M. Cacciatore, que les comètes ne sont pas lumineuses par elles-mêmes, et que leurs noyaux, leurs chevelures et leurs queues ne brillent jamais que de la lumière du Soleil réfléchie. Cette conséquence découlerait rigoureusement de ce qui précède, si les irrégularités dans la forme du noyau que M. Cacciatore a remarquées étaient de véritables phases; mais le contraire semble facile à prouver. On sait, en effet, que les queues des comètes sont toujours diamétralement opposées au Soleil. Les parties les plus éloignées de ces traînées lumineuses offrent quelquefois de légères déviations : dans aucun cas, on n'en observe de sensibles près du noyau. Il résulte de là que, si jamais une comète se présente avec des phases, la ligne de séparation d'ombre et de lumière devra être per-

pendiculaire à la direction de la queue, puisque cette direction est précisément celle des rayons solaires qui viennent éclairer le noyau. Le 15 juillet 1819, le croissant dessiné par M. Cacciatore était placé de manière à faire croire à l'existence d'une phase; mais dix jours auparavant, le 5 juillet, la ligne des deux cornes coïncidait, au contraire, comme nous l'avons déjà dit, avec la direction de la queue, et, dans ce cas, il est de toute évidence que l'irrégularité observée dans le disque tenait à la forme particulière de la comète et ne dépendait en aucune manière de la position de cet astre à l'égard du Soleil : ne pourra-t-on pas maintenant admettre que cette explication doit également s'appliquer à la prétendue phase du 15 juillet. Les observations de M. Cacciatore prouvent donc seulement que les noyaux des comètes sont quelquefois très-irréguliers, et qu'en peu de jours ils changent sensiblement de forme, mais elle n'éclaircissent point les doutes que les astronomes conservaient encore sur la nature de la lumière des comètes, et cette intéressante question reste enveloppée dans la même obscurité.

VI

COMÈTE DE 1816[1]

L'extrême faiblesse de la lumière de la comète découverte par M. Pons, à Marseille, à la fin de janvier 1816 (nº 130 du catalogue des comètes calculées), n'a permis

1. Note publiée en février 1816. (*Annales de chimie et de physique*, t. I, p. 202.)

de l'observer que très-rarement et d'une manière très-imparfaite. Toutefois, en réunissant une observation que j'ai faite à Paris, avec M. Bouvard, à quelques observations de Marseille, M. Burkhardt a trouvé, par une première approximation, les éléments suivants, dont les astronomes pourront se servir au besoin pour chercher l'astre après son passage par le périhélie.

Inclinaison	43° 5′ 26″
Nœud ascendant	323 14 56
Longitude du périhélie	267 35 36
Distance périhélie	0.048503
Passage au périhélie, 1er mars 1816,	à 8h 27m.
Sens du mouvement	direct.

VII

COMÈTES DE 1822 [1]

1re *comète* de 1822 (n° 137 du catalogue des comètes calculées.) — Cette comète a été découverte à Marseille, dans la constellation du Cocher, le 12 mai 1822, par M. Gambart fils, directeur-adjoint de l'Observatoire. M. Pons l'a vue à Marlia, le 14 mai, et M. Biela, à Prague, le 17. A la fin du mois de juin elle avait totalement disparu.

L'orbite a été calculée par MM. Gambart, Nicollet, Carlini et Encke. Voici les éléments qu'a obtenus le premier de ces astronomes ; ils représentent les observations d'une manière remarquable :

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XXI, p. 426.

Passage au périhélie, le 6 mai, à $1^h\ 57^m\ 39^s$ (temps moyen compté de minuit, à Marseille).

Distance périhélie	1.504309
Nœud ascendant..................	177° 22′ 26″
Périhélie	192 45 34
Inclinaison.......................	53 36 12

Mouvement rétrograde.

Ces éléments ne ressemblent point à ceux des comètes connues. L'astre auquel ils appartiennent ne s'était donc pas montré depuis que les observations astronomiques sont devenues assez exactes pour servir au calcul des orbites.

2e *comète* de 1822. — L'infatigable M. Pons a découvert cette nouvelle comète dans la constellation des Poissons le 31 mai, vers deux heures du matin. Il n'y a remarqué ni queue ni noyau ; l'aspect est simplement celui d'une nébuleuse qui serait un peu condensée au centre.

Au moment de son apparition, l'astre s'avançait rapidement vers le sud ; aussi, en moins de quinze jours s'est-il perdu sous l'horizon de nos climats. M. Gambart, à Marseille, et M. Caturegli, à Bologne, sont les seuls astronomes qui l'aient observé. Les positions obtenues à Bologne étant défectueuses, à raison de l'excessive faiblesse de l'astre, on n'a pas pu calculer l'orbite : trois observations au moins sont nécessaires pour cela, et M. Gambart n'en a fourni que deux, la première du 10, et la seconde du 11 juin. Si les astronomes anglais nouvellement établis au cap de Bonne-Espérance et au port Jackson, dans la Nouvelle-Hollande, ont vu cette comète, quand ce ne serait qu'une seule fois, il sera possible de déterminer ses éléments paraboliques : nous nous empresserons, dans ce

cas, de les publier. (Voir la comète n° 138 du catalogue des comètes calculées, *Astronomie populaire*, t. II, p. 304 et 354.)

3e *comète* de 1822. — C'est encore M. Pons qui a découvert cette troisième comète le 13 juillet 1822, à neuf heures et demie du soir (n° 139 du catalogue des comètes calculées). Sans avoir connaissance de l'observation antérieure faite par l'astronome de Marlia, M. Gambart fils a vu le nouvel astre, à Marseille, le 16 à dix heures du soir, et M. Bouvard, à Paris, quatre jours plus tard.

Au moment de la découverte, la comète se trouvait dans la constellation de Cassiopée. Elle était alors petite, invisible à la vue simple, d'une nébulosité très-blanche, mais peu étendue. Depuis, sa lumière a sensiblement augmenté et le noyau est devenu distinct. Vers la fin du mois d'août, elle brillait, à l'œil nu, comme les étoiles de troisième grandeur. A la même époque, il s'était aussi formé une queue assez apparente, opposée au Soleil et de près de deux degrés d'étendue.

Un grand nombre d'astronomes ont essayé de déterminer les éléments de l'orbite du nouvel astre. M. Mossoti crut que la parabole ne suffisait pas, et se fondant sur un petit nombre d'observations défectueuses et trop rapprochées, il trouva une ellipse correspondante à une révolution de trois ans. Des positions plus exactes et plus distantes donnèrent à M. Encke une ellipse de 190 ans. Enfin, après une nouvelle discussion de la totalité des observations, le même calculateur a reconnu que l'ellipticité est insensible, et que la marche de la comète, dans toute la portion d'orbite qu'elle a parcourue depuis le

13 juillet, jour de sa découverte, jusqu'au 22 octobre, époque de sa disparition, est exactement représentée par les éléments paraboliques suivants, dus à M. le professeur Nicolaï. Ceux que MM. Bouvard, Gambart et Schumacher ont obtenus de leur côté en diffèrent à peine.

Passage au périhélie, 1822, octobre 23jours. 6530 (temps moyen de Manheim).

Longitude du périhélie............	271° 48′ 9″
Longitude du nœud...............	92 42 47
Inclinaison de l'orbite............	52 39 6
Distance périhélie.................	1.1464
Sens du mouvement...............	rétrograde.

Voir de nouveaux calculs (*Astronomie populaire*, t. II, p. 347).

VIII

COMÈTE DE 1823[1]

On n'a observé, en 1823, qu'une seule comète (n° 140 du catalogue des comètes calculées). Elle a été vue en France vers quatre heures du matin, à la Chapelle, près de Dieppe, par M. de Breauté, et à Dunkerque, par M. Perrier.

Les astronomes en ont calculé l'orbite. Les éléments paraboliques n'en ressemblent point à ceux des comètes anciennement observées. Pendant quelques jours, la forme de cet astre a été très-singulière :

D'après une opinion généralement reçue parmi les observateurs, les queues des comètes sont toujours oppo-

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XXVII, p. 389.

sées au Soleil ; leur position ne dépend aucunement de la direction suivant laquelle l'astre se meut. Quoiqu'on n'ait pas trouvé jusqu'ici une explication satisfaisante de ce phénomène, on s'était néanmoins accordé à reconnaître que l'impulsion des rayons solaires devait y avoir une grande part ; mais la comète de 1823 est venue ajouter de nouvelles difficultés à toutes celles qui déjà avaient arrêté les astronomes dont ce problème a exercé la sagacité.

Le 23 janvier 1824, la comète, outre sa queue ordinaire opposée au Soleil, en avait une autre dirigée vers cet astre, ce qui lui donnait quelque ressemblance avec la grande nébuleuse d'Andromède. La première queue paraissait embrasser un espace d'environ 5° ; la seconde ne se voyait guère que dans une étendue de 4° ; les axes n'étaient pas exactement placés sur la même ligne, mais l'angle qu'ils formaient entre eux différait peu de 180°. Près de la comète, la queue extraordinaire se voyait à peine ; le maximum d'éclat était à 2° de distance du noyau. Dans les premiers jours de février, on n'apercevait plus que la queue opposée au Soleil ; l'autre avait disparu ou s'était tellement affaiblie que les meilleures lunettes de nuit, par le temps le plus serein, n'en présentaient aucune trace.

Les résultats qui précèdent sont le résumé des observations faites à Paris, Marseille, Marlia, Bremen, Gœttingue et Prague. Aucune comète observée jusqu'à ce jour n'avait présenté une forme aussi bizarre. Dans celle de 1744, il est vrai, on distinguait six queues que séparaient des espaces totalement obscurs ; mais elles étaient

toutes à l'opposite du Soleil, et l'angle formé par les deux extrêmes ne surpassait pas 60 degrés.

La théorie des mouvements des comètes est à peu près complète ; nous avons, au contraire, fort peu de notions précises sur la constitution physique de ces astres. C'est un problème qui mérite de fixer l'attention des physiciens, et dont l'étude des propriétés des gaz nous révélera peut-être un jour le mystère.

IX

COMÈTE DU MOIS DE JUILLET 1824[1]

La comète découverte, en juillet 1824, par MM. Pons et Gambart, a été visible fort longtemps (nº 142 du catalogue des comètes calculées). Voici les éléments paraboliques que M. Bouvard a déduits d'une longue série d'observations distribuées sur un arc de 111°. Ils ne ressemblent point à ceux des comètes connues :

Passage au périhélie, 29 septembre, 5.6192 (temps moyen, compté de minuit).

Distance périhélie	1.0499075
Longitude du périhélie...........	4° 31′ 44″
Longitude du nœud..............	279 17 40
Inclinaison de l'orbite...........	54 36 40
Sens du mouvement..............	direct.

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XXVII, p. 390.

X

3e COMÈTE DE 1840 [1]

Mon illustre ami, Alexandre de Humboldt, m'a écrit la lettre suivante : « J'espère, mon cher ami, que tu auras déjà reçu la petite lettre dans laquelle je t'annonçais la découverte d'une troisième comète faite par M. Galie. Voici les éléments de cette comète calculés par MM. Encke et Galle. Je vais traduire la Notice que ce jeune astronome me communique en ce moment.

« Dans les deux dernières nuits, nous avons obtenu deux nouvelles positions de la troisième comète au grand réfracteur de Frauenhofer.

Temps moyen de Berlin.	Ascension droite.	Déclinaison.
Mars 10...16h 36m 40s	329° 28′ 27″.9	+28° 25′ 8″.6.
11...16 51 55	331 4 29 .0	+23 8 39 .5.

« En combinant la première de ces deux observations avec les observations des 6 et 7 mars, nous avons calculé hier, M. Encke et moi, les éléments de la troisième comète. Les résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

Passage par le périhélie, 1840 avril...	2.353
Distance périhélie..................	9.8746
Longitude du périhélie..............	323° 40′
Longitude du nœud ascendant.......	185 54
Inclinaison........................	79 5′ 3″
Mouvement direct.	

« Ces éléments coïncident si bien avec les éléments de

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. X, p. 534.

la comète de 1097 observée à Péking, que l'identité des deux comètes me paraît assez probable. On a vu aussi dans l'intervalle de 1097 à 1840, dans l'année 1468, une grande comète, qui, d'après la description qui en a été donnée, pourrait être regardée comme identique avec la troisième comète que nous venons d'observer. La révolution serait donc à peu près de 370 années. Les apparitions de la comète tombant en 1097 et 1468, en automne, l'astre devait paraître beaucoup plus lumineux qu'aujourd'hui, si en même temps il se trouvait près de son nœud descendant et par conséquent près de la Terre; malgré la grande distance à laquelle la comète paraît être en ce moment, la longueur de la queue, vue dans un chercheur de comètes, excède 5°. Il y a, à côté de la grande queue, deux petites queues secondaires. La comète de 1097 avait aussi, selon quelques observateurs, une queue secondaire. »

L'important résultat contenu dans la lettre qu'on vient de lire se déduit aussi des éléments calculés sur les seules observations faites à Paris entre le 16 et le 27 mars. Ces observations, diversement combinées par groupes de trois, ont donné les éléments suivants pour cette 3e comète de 1840 (n° 161 du catalogue des comètes calculées) :

	M. Eug. Bouvard.	M. Laugier.	M. Mauvais.
Pass. au périhélie, 1840 avril, t. m. de Paris.	1.7154	2.2089	2.5664
Distance périhélie......	0.7484	0.7483	0.7481
Longitude du périhélie.	322° 15′ 15″	323° 29′ 0″	324° 22′ 50″
Longitude du nœud....	185 51 59	185 59 23	186 3 48
Inclinaison...........	79 57 36	79 53 47	79 51 7
Sens du mouvement....	Direct.	direct.	direct.

Nous transcrirons ici, comme terme de comparaison, les éléments calculés par Burckhardt de la comète observée en Chine dans l'année 1097 (n° 15 du catalogue des comètes calculées).

Passage au périhélie, 1097 septembre, 21 à 9^h.	
Distance périhélie	0.7385
Longitude du périhélie................	332° 30′
Longitude du nœud..................	207 30
Inclinaison..........................	73 30
Sens du mouvement	direct.

Il n'est peut être pas inutile de remarquer que, si ce n'était la distance périhélie, la comète actuelle pourrait être confondue avec celle de l'année 1774 (n° 89 du catalogue des comètes calculées), à laquelle Méchain assigna l'orbite suivante :

Passage au périhélie, 1774 août, 15 à 10^h 55^m	
Distance périhélie	1.429
Longitude du périhélie............	317° 22′ 4″
Longitude du nœud................	180 49 48
Inclinaison.......................	83 0 25
Sens du mouvement...............	direct.

(Voir aussi *Astronomie populaire*, t. II, p. 344.)

XI

COMÈTE DE 1842

Le 28 octobre 1842, M. Laugier a découvert une comète à Paris, entre 7^h et 7^h 15^m du soir (n° 163 du

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XV, p. 816 et 948.

catalogue des comètes calculées). Elle se trouvait alors dans la constellation du Dragon, près de l'étoile A. Sa lumière était très-faible; on ne remarquait aucune trace de queue: le 30 l'intensité du nouvel astre avait augmenté. A partir du noyau, et dans la direction opposée au Soleil il y avait un prolongement lumineux sensible, une première apparence de queue. Le prolongement lumineux de la queue était de 10′; la largeur de la nébulosité soustendait un angle de 5′ environ. M. Mauvais découvrit la même comète le 18 octobre à $10^h\ 30^m$, ne sachant encore rien de l'observation antérieure de M. Laugier, ce qui prouve que par un ciel serein aucun de ces astres, même les plus faibles, ne saurait échapper aux recherches des astronomes.

M. Schumacher m'a adressé le 8 novembre une lettre par laquelle ce célèbre astronome me communiquait les éléments de la nouvelle comète, que M. Petersen a calculés sur trois observations de Paris, de Berlin et d'Altona. Voici ces éléments :

Passage au périhélie, décembre....	15.9643
Longitude du périhélie............	327° 37′ 21″
Longitude du nœud ascendant.....	208 5 19
Inclinaison......................	73 52 22
Distance périhélie................	0.50615
Mouvement	rétrograde.

M. Valz a trouvé, par ses seules observations de Marseille :

Passage au périhélie, décembre 15.97 t. m. de Marseille.	
Longitude du périhélie..............	325° 50′
Longitude du nœud ascendant.........	206 34
Inclinaison	71 52

Distance périhélie	0.498
Mouvement..........................	rétrograde.

M. Laugier, après avoir corrigé les observations de l'aberration et de la parallaxe, a calculé, d'après les positions du 28 octobre, du 4 et du 9 novembre, les éléments suivants, qui représentent les observations à moins de 30″ de degré.

Passage au périhélie, décembre 15.9776 t. m. de Paris.

Longitude du périhélie............	327° 14′ 57″
Longitude du nœud ascendant	207 47 48
Inclinaison.......................	73 32 22
Distance périhélie	0.50415
Mouvement	rétrograde.

Une Note de M. Victor Mauvais a prouvé qu'à la date du 21 novembre, les nouveaux éléments de M. Laugier représentaient les observations beaucoup mieux que les autres.

M. Schumacher remarquait dans sa lettre que l'inclinaison, la distance périhélie, sont à peu près les mêmes pour la comète de M. Laugier et pour la comète de 1780, marquée 79 dans le catalogue d'Olbers (n° 92 du catalogue de M. Arago). Les distances des périhélies aux nœuds diffèrent également très-peu dans les deux comètes. Cette remarque est assurément curieuse; mais suffit-elle pour identifier les deux astres? M. Laugier ne l'a pas pensé. Les nœuds et les périhélies lui ont paru trop dissemblables pour qu'il ait cru pouvoir présenter légitimement la comète actuelle comme une apparition de la comète de 1780.

XII

GRANDE COMÈTE DE 1843[1]

[La comète de 1843 (n° 164 du catalogue des comètes calculées) qui fut visible en plein jour, a été découverte le 28 février en Italie, au Mexique, et dans l'Amérique du Nord, par un grand nombre d'observateurs, mais elle n'a été vue à Paris que le 17 mars. Voici les diverses communications que M. Arago a faites successivement à l'Académie des sciences à cette occasion :]

Séance de l'Académie du 20 *mars.* — Je commence par déclarer que le météore lumineux si étendu, d'une forme si inusitée, dont le public s'occupe aujourd'hui, est une véritable comète. On a, en effet, aperçu et observé le noyau de l'astre. Le premier jour, il était resté caché dans les vapeurs de l'horizon.

La soudaineté de l'apparition de la comète a justement frappé tout le monde. C'est le même jour, le 17, et à la même heure, que la traînée lumineuse déliée, que la queue du nouvel astre a été remarquée à Paris, à Brest, à Tours, à Sens, à La Ferté-sous-Jouarre, à Reims, à Neufchâtel en Suisse, à Salins, à Marcillac (Allier), etc., etc.

Des observateurs plus actifs, plus zélés, plus clair-

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 597, 605, 639, 718, 781. — Voir aussi l'*Astronomie populaire*, t. II, p. 317 à 328.

voyants, plus exercés, plus habiles, auraient-ils vu la comète avant le 17? Ce n'est pas là un objet de pure curiosité : il implique la forme et la position de l'orbite. La question ne saurait être résolue relativement à l'Observatoire de Paris. En effet, voici quel était, dans cette ville, l'état du ciel, aux heures où la comète aurait pu être aperçue, pendant les jours qui ont précédé le 17 :

Le 8, couvert; le 9, couvert; le 10, couvert; le 11 très-nuageux; le 12, couvert; le 13, ciel voilé à ce point qu'on vit et qu'on mesura un halo lunaire; le 14, couvert et pluie; le 15 couvert; le 16, beau, mais la Lune, alors pleine, s'était levée à $6^h\ 59^m$. (La lumière de la Lune efface entièrement la lumière de la nouvelle comète [1].)

Je donnerai maintenant un extrait des registres de l'Observatoire de Paris.

Le vendredi 17 mars, à $7^h\ 30^m$ du soir, temps moyen, la comète a été observée, mais on n'a pu voir le noyau. Pour ce qui concerne la direction de la queue, nous en avons trouvé une portion entre ε de la Baleine et $\varkappa$ de l'Éridan, mais plus près de $\varkappa$. La queue passait en outre sous ζ, ε, δ de l'Éridan, au-dessus de γ, dont elle était distante de 1°. Elle allait s'éteindre un peu au delà du groupe ι, $\varkappa$, λ, ν du Lièvre; sa largeur, dans la partie la plus élevée, parut de

1. Depuis cette communication, M. Arago a reçu deux lettres desquelles il résulte avec évidence que, sans le mauvais temps, la queue de la comète aurait pu être remarquée avant le 17. L'une de ces lettres est de M. Edward Cooper. Cet astronome, actuellement à Nice, entrevit la queue le dimanche 12, à $7^h\ 15^m$. Dans la seconde lettre, datée de la Tête-de-Buch, le 18 mars, M. Lalesque, docteur en médecine, dit : « Je vais vous parler d'un météore que j'ai vu pour la première fois il y a dix ou onze jours. » (Suit une description qui ne peut s'appliquer qu'à la queue de la comète.) M. Franc Aufrère, capitaine adjudant-major au 34e régiment de ligne, en garnison à Auxonne, distingua la traînée lumineuse le 14, en faisant sa ronde.

1° environ; sa longueur totale ne devait pas être au-dessous de 39° à 40°.

Le samedi 18 mars, à 7^h 10^m du soir, on commence à voir avec beaucoup de difficulté les premières traces de la queue; elle n'est bien visible qu'à 7^h 30^m; le ciel est très-pur. Le noyau a pu être observé :

A 7^h 46^m 2^s, t. m. de Paris	l'ascension droite du noyau est........	42° 1′ 48″
	la déclinaison.......	9 48 2 australe.

Le noyau est donc fort près de $\varkappa$ de l'Éridan. La queue passe entre γ et δ de l'Éridan, parallèlement à la ligne ζ, ε, δ, de cette constellation; elle couvre le groupe ι, $\varkappa$, λ, ν du Lièvre, et les dernières traces perceptibles paraissent s'étendre jusqu'à ζ, $\varkappa$ du Lièvre, vers le milieu de l'espace compris entre ces deux étoiles. La queue a donc 43° de longueur; sa largeur, d'après des mesures, ne dépasse pas 1°.2. Elle offre une légère courbure; sa convexité est tournée vers le nord.

Le dimanche 19 mars, on commence à apercevoir les premières traces de la queue à 7^h 15^m; le ciel est moins pur qu'hier. Des vapeurs, quelques nuages légers et transparents s'étendent à l'horizon sud-ouest. La position du noyau est :

A 7^h 45^m 40^s t. m. de Paris	ascension droite ...		43° 56′ 0″
	déclinaison........	—	9 30 27
Mouvement diurne........	en ascension droite.	+	1 53 41
	en déclinaison.....	+	0 17 31

La comète se rapproche donc du pôle boréal, et sa différence d'ascension droite avec le Soleil va en augmentant. Le noyau est à 1°45′ à l'est de $\varkappa$ de l'Éridan; la queue passe au-dessous des étoiles ζ, ε, δ de l'Éridan, au-dessus de γ dont elle est distante de 1°30′; elle couvre le groupe ι, $\varkappa$, λ, ν du Lièvre, et son extrémité arrive un peu au-dessus de ζ du Lièvre. Elle a donc 41° 30′ de longueur; sa largeur est de 1° 15′ environ; elle a été déterminée par comparaison avec le champ d'un chercheur. La courbure de la queue paraît à l'œil moins sensible qu'hier. Aujourd'hui, 19 mars, le noyau est beaucoup plus brillant, beaucoup mieux terminé.

Ce n'est pas devant l'Académie qu'il sera nécessaire de faire remarquer que les deux positions du noyau, en

ascension droite et en déclinaison, des 18 et 19 mars, ne suffisent pas pour déterminer l'orbite. Il faut attendre une troisième position. Immédiatement après, on pourra décider si la comète est nouvelle, ou si, au contraire, elle a été anciennement observée. Ainsi on calculera sa distance à la Terre et sa distance au Soleil, les dimensions absolues de la queue, etc.

Je vais rapporter ici les dimensions angulaires et absolues de diverses queues de comètes, afin de faire voir combien on se trompe en assurant que rien de pareil ne s'était jamais montré dans le ciel :

Comète de 1811.	Longueur de la queue en degrés....	23°
— 1744.	Six queues, chacune de............	30 à 40°
(Les six queues embrassaient une largeur totale de 44°).		
Comète de 1689.	(Elle était courbe comme un sabre turc, disent les historiens)........	68°
— 1680.	....	90
— 1769.	....	97
— 1618.	....	104

Longueur absolue.

Comète de 1680	....	41 millions de lieues.
— 1769	....	16 —
— 1744.	(Quelques branches de la queue multiple)......	13 —

On a pu s'assurer que, conformément à une observation faite en 1531 par Pierre Apian, observation très-souvent confirmée depuis, la queue de la comète actuelle est dirigée vers le Soleil.

La queue ne se fait pas seulement remarquer par son étendue angulaire et sa forme déliée, elle est d'un éclat uniforme dans toute sa largeur; peut-être même y a-t-il

un maximum d'intensité dans le centre (diverses observations, du moins, ont paru l'indiquer), tandis que d'ordinaire les queues des anciennes comètes s'étaient montrées presque noires au centre et assez brillantes sur les bords. La forme conique creuse ou vide de matière qui avait servi à rendre compte de cette dernière apparence ne serait donc pas générale.

Nous avons essayé, en employant les instruments les plus délicats, les plus sensibles, de saisir des traces de polarisation, soit dans la lumière de la queue de la comète, soit dans la lumière zodiacale. Jamais nous n'avons obtenu des effets tranchés ou parfaitement évidents.

L'un de ces deux résultats négatifs, l'absence de polarisation dans la queue de la comète, méritera d'être discuté minutieusement lorsque les éléments de l'orbite seront connus.

Nous nous sommes assurés le 18, par divers moyens, que la lumière zodiacale était plus vive que la lumière de la queue du nouvel astre. Nous avons reconnu encore, et ceci a plus d'importance, que la première de ces lumières avait une nuance rougeâtre dont on n'apercevait pas de traces dans la queue. Cette coloration semble pouvoir conduire indirectement à des conséquences sur lesquelles les observations directes avaient laissé dans un doute absolu.

Séance du 27 *mars.* — Il paraît, par une lettre de l'ingénieur des ponts et chaussées de Bergerac, que la queue de la comète a été aperçue dans cette ville dès le 10 mars au soir.

Il n'existe qu'un moyen certain de décider si la comète actuellement visible a été jadis observée. Ce moyen consiste à rechercher si la courbe suivant laquelle l'astre se meut en 1843 est à très-peu près identique avec l'orbite d'une des 140 comètes qui figurent en ce moment dans les catalogues astronomiques. Jusqu'ici un des termes de comparaison manquait : les deux observations du noyau, faites à Paris dans le mois de mars, ne suffisaient pas pour déterminer la forme et la position de la courbe parabolique que la comète décrit, une troisième observation était indispensable; or, lundi dernier, au moment de la séance de l'Académie, cette troisième observation manquait ; des nuages ou de simples vapeurs voisines de l'horizon avaient pendant sept jours consécutifs, empêché d'apercevoir le noyau.

A défaut de considérations vraiment scientifiques, il a fallu, pour répondre à l'impatience du public, recourir à de simples conjectures. On s'est alors rappelé :

Qu'en 1668, dans le mois de mars, Cassini avait vu à Bologne, immédiatement après le crépuscule, une traînée de lumière de 30 à 33 degrés, large d'un degré et demi, qui, sortant de la constellation de la Baleine, en partie plongée dans les vapeurs de l'horizon, s'étendait le long de l'Eridan; on a noté encore que cette lumière commençait à paraître en même temps que les étoiles de troisième et de quatrième grandeur situées dans son voisinage, et que d'un jour à l'autre elle avançait vers l'orient et un peu vers le septentrion.

Tout cela concorde d'une manière remarquable avec la forme et la marche de la queue de la comète de 1843.

En 1702, le 2 mars, Maraldi vit à Rome « une longue trace de lumière, semblable à une queue de comète, qui sortait du crépuscule. Elle laissait un peu vers le septentrion l'étoile marquée σ par Bayer dans la Baleine, et passait entre l'étoile τ de l'Éridan et π de la Baleine, s'étendant le long du même fleuve. Son extrémité orientale était entre l'étoile γ de l'Éridan et la plus orientale de la même constellation située sur le tropique du Capricorne. Elle se dirigeait au Soleil ; sa longueur était de 30° et sa largeur d'un degré, un peu plus à son origine (que veut dire le mot vague origine?) et allait en diminuant vers son extrémité » (que signifie extrémité pour qui n'a pas vu de noyau?).

Maraldi s'aperçut que la lumière de 1702 se voyait vers la même région du ciel que celle de Cassini, sur les mêmes constellations, près des mêmes étoiles fixes, avec la même longueur et la même forme.

En comparant une observation de cette même lumière, faite à Bologne par Manfredi, le 26 février 1702, à l'unique observation de Maraldi, Cassini constata que ce phénomène, comme celui de 1668, se mouvait de l'occident à l'orient, avec une certaine déclinaison vers le nord. Une partie proportionnelle lui donna la position de la traînée pour le 10 mars 1702 : ce calcul le porta aux étoiles sur lesquelles il avait vu le même jour, en 1668, se dessiner la première traînée lumineuse.

« Il y a donc apparence, ajoutait Cassini, que le phénomène de 1702 est le même que nous avions observé l'an 1668, » c'est-à-dire 34 ans auparavant.

Déjà, en 1668, Cassini avait comparé la traînée lu-

mineuse de cette année au phénomène qui, d'après Aristote, fit son apparition à l'époque où Aristée était archonte à Athènes. On le prit alors pour une comète dont la tête se trouvait cachée sous l'horizon. En réunissant ce qu'Aristote, Diodore de Sicile et Sénèque en ont dit, le phénomène parut à l'occident équinoxial, en un temps de gelée; à cause de sa longueur, on l'appela poutre ou sentier; il avait un mouvement dirigé vers l'orient, et monta jusqu'à la ceinture d'Orion.

« Notre phénomène, dit Cassini, avait la même figure, il paraissait dans la même partie occidentale du ciel, dans la même saison, proche de la même constellation d'Orion. Il nous reste à considérer le rapport des intervalles. »

Cassini fait remonter l'apparition de la traînée lumineuse mentionnée par Aristote à l'année 373 avant notre ère (Pingré se décide pour 370); entre cette année et 1668, il compte 2040 ans, nombre qui, divisé par 60, donne pour quotient 34 ans, c'est-à-dire la période comprise entre les apparitions de 1668 et de 1702.

Sans avoir eu l'occasion de prendre une connaissance détaillée des Mémoires que nous venons d'analyser, M. Edward Cooper s'est cru autorisé à présenter la comète de 1843 comme une réapparition de celle d'Aristote, de Cassini et de Maraldi. Voici la traduction littérale de la lettre que le savant astronome anglais m'a écrite :

Nice maritime, le 20 mars 1843.

Je viens de lire à l'instant, dans l'*Usage des globes de Bion*, imprimé à Paris en 1751, page 97, le passage suivant :

« M. Maraldi, de l'Académie des sciences, leur a envoyé une

observation d'une autre comète qui a paru à Rome au commencement de mars 1702. M. Cassini croit que c'était la même qu'il a observée en 1668 et qui avait paru, il y a 2040 ans, et dont les révolutions se font tous les 34 ans. Elle fut observée dans les constellations de la Baleine et dans le fleuve Éridan. On a beaucoup de peine à l'apercevoir dans notre climat, puisqu'elle est, comme Mercure, toujours plongée dans les rayons du Soleil. »

Quoique en moyenne les quatre dernières révolutions correspondent, non à 34 ans, mais à 35 ans 3 mois, il ne me paraît pas possible de croire que la comète actuelle est différente de celle dont la description a été donnée par Cassini et Maraldi.

Comme nouvel indice d'identité entre les deux astres, on ne manquera pas de remarquer qu'à l'époque où la comète d'Aristote se montra, il y eut des inondations et des tremblements de terre qui renversèrent de fond en comble les deux villes d'Hélice et de Bure, en Achaïe, de même qu'en 1843, il y a eu de terribles inondations en France et l'affreux tremblement de terre de la Guadeloupe. On fera ressortir d'un seul mot la futilité d'un semblable rapprochement : les années 1668 et 1702 ne furent marquées ni par des inondations, ni par des tremblements de terre.

Quant aux prétendues influences thermométriques qu'on attribue à la nouvelle comète, je dois les nier en m'appuyant sur la discussion numérique très-détaillée que j'ai faite de la question (*Astronomie populaire*, t. IV, p. 625).

Après cette incursion dans le domaine des conjectures, j'arrive aux résultats vraiment scientifiques qu'on a déjà pu déduire de la marche de la nouvelle comète.

A Paris, comme nous l'avons déjà dit, malgré le zèle le plus actif, on ne possédait encore le lundi matin 27 mars que deux positions précises du noyau, corres-

pondantes au 18 et au 19. M. Plantamour, directeur de l'Observatoire de Genève, favorisé par un plus beau ciel, ayant obtenu la troisième position indispensable, s'était empressé de calculer l'orbite parabolique. Nous transcrirons ici la lettre de l'habile astronome.

Genève, le 24 mars 1843.

La comète n'a été vue ici que le 17 mars, et encore, ce jour-là, quand j'ai vu la tête, elle était déjà tellement basse, qu'elle a disparu derrière une bande de nuages qui bordait l'horizon, avant que j'aie eu le temps de disposer l'équatorial pour l'observation. Mais les jours suivants, le 18, le 19 et le 21 mars, le temps m'a permis de l'observer et d'obtenir les positions suivantes :

	T. m. de Genève.	Ascension droite.	Déclinaison.
18 mars	à $7^h\ 34^m\ 38^s$	$2^h\ 47^m\ 57^s.18$	$9°\ 47'\ 52''$ A
19 —	7 33 33	2 55 35.46	9 30 47
21 —	7 27 30	3 9 41.30	8 56 50

Au moyen de ces trois observations, j'ai calculé les éléments suivants pour l'orbite parabolique de la comète :

Passage au périhélie, février.	27.4882	t. m. de Genève.
Distance périhélie..........	0.0045	
Longitude du périhélie......	279° 12′ 11″	
Longitude du nœud.........	359 53 21	
Inclinaison.................	36 0 27	
Mouvement.................	rétrogade.	

Ces éléments représentent, à une minute près, la longitude et la latitude de la comète pour la seconde observation.

L'orbite de cette comète est remarquable par l'excessive petitesse de la distance périhélie : elle est plus petite que celle de toutes les comètes connues, même que celle de 1680, pour laquelle elle était de 0.006.

La comète a dû ainsi passer à une très-petite distance du Soleil, pour ainsi dire raser la surface de cet astre.

Cette circonstance servira à expliquer peut-être l'augmentation de l'éclat de la comète et l'immense développement de la queue après le passage au périhélie, tandis qu'avant le passage au péri-

hélie, cet astre serait resté invisible, quand même, vers le milieu de février, sa distance à la Terre et son élongation au Soleil auraient permis de le voir.

La tête de la comète m'a paru avoir un diamètre de 1′ à 1′30″, et présenter une augmentation d'éclat vers le centre, sans offrir cependant l'apparence d'un noyau distinct. La longueur de la queue était de 39° environ.

La distance périhélie trouvée par M. Plantamour conduirait, en la supposant parfaitement exacte, à la conséquence que la comète avait pénétré, le 27 février, dans la matière lumineuse du Soleil : 0.0045 est en effet plus petit que 0.0046, rayon de l'astre centre de notre système. Ce résultat aurait été trop fécond en conséquences importantes pour qu'il ne fût pas naturel d'en chercher sans retard la confirmation. Aussi, avais-je à peine reçu la lettre de Genève, dans la matinée du lundi 27 mars, que je chargeai trois des élèves astronomes de l'Observatoire de calculer de nouveau l'orbite, à l'aide des deux observations de Paris et de la troisième observation de M. Plantamour. Ce calcul, effectué en moins de cinq heures par MM. Laugier et Victor Mauvais, donna une distance périhélie notablement supérieure à celle de M. Plantamour, et qui écartait toute idée de pénétration de l'astre dans la photosphère du Soleil. Les nouveaux éléments furent communiqués à l'Académie à la fin de son comité secret[1].

Séance du 5 *avril.* — Depuis lundi dernier, les astro-

1. Nous reproduirons plus tard (voir plus loin p. 548) ces éléments avec les perfectionnements que l'ensemble des observations de Paris a permis d'y apporter. Ces observations, maintenant au nombre de cinq, correspondent aux 17, 19, 27, 28 et 29. Elles sont très-

nomes de l'Observatoire de Paris sont parvenus à déterminer de nouvelles positions du noyau de la comète, et à fixer la forme et la position de la courbe, à peu près parabolique, suivant laquelle ce noyau se meut. D'autre part, j'ai reçu, par l'entremise de mon ami, M. de Humboldt, et par d'autres voies, les résultats des recherches faites à ce sujet, en Allemagne et en Suisse. Le temps était donc venu de comparer toutes ces orbites. J'ai effectué cette comparaison en m'attachant surtout à la distance périhélie.

M. Plantamour a reconnu lui-même que ses observations du 28 et du 30 mars ne sont plus exactement représentées par les premiers éléments. Pour le 30 mars, les erreurs en ascension droite et en déclinaison s'élèvent respectivement à 4′ 34″.5 et 1′ 25″.7.

« Il est donc nécessaire, dit M. Plantamour dans la lettre qu'il m'a écrite, de corriger un peu les éléments. » On ne saurait prévoir dans quelle proportion les corrections futures altéreront la première distance périhélie. Ainsi, toutes les conséquences qu'on avait déduites de la distance périhélie 0.0045, d'abord obtenue par le savant directeur de l'Observatoire de Genève, étaient prématurées.

Le 24 mars, M. Encke, un des astronomes sans contredit les plus compétents en pareille matière, avait calculé les éléments du nouvel astre sur trois observa-

bien représentées par les nouveaux éléments, au nombre desquels on remarquera une distance périhélie de 0.0055 toujours supérieure à celle de M. Plantamour, et un peu plus petite que la distance périhélie de la fameuse comète de 1680.

tions de Berlin, des 20, 21 et 22 mars. La distance périhélie était 0.0101.

M. Galle, de l'Observatoire de Berlin, adressait, le 25 mars, à M. Schumacher, des éléments calculés sur ces mêmes observations des 20, 21 et 22 mars. La distance périhélie était 0.0113.

Le 25 mars, M. Littrow me transmettait de Vienne, mais avec l'expression d'une grande défiance, les éléments déduits d'observations faites les 18, 21 et 23 mars. La distance périhélie y figure pour 0.5767.

Il s'est évidemment glissé ici des erreurs de calcul, d'observation ou de copie. Ces erreurs ont conduit à des déterminations également inadmissibles sur la position du périhélie et sur l'inclinaison.

D'après les éléments présentés aujourd'hui par M. Eugène Bouvard, éléments déduits des cinq observations de Paris, la distance périhélie serait 0.00488. Ces éléments ne représentent pas encore les observations avec toute la précision désirable. Il y a sur les longitudes des discordances qui vont de — 20″.8 à + 14.″5; sur les latitudes les écarts, plus considérables encore, s'étendent de + 26″.1 à — 21″5.

Les éléments déterminés par MM. Laugier et Victor Mauvais sont jusqu'à présent ceux qui représentent le mieux les observations. Aussi les rapporterons-nous dans leur ensemble :

Temps du passage au périhélie, 1843 février...............	27.42941	t. m. de Paris.
Distance périhélie............	0.005488	
Longitude périhélie...........	278° 45′ 58″	
Inclinaison....................	35 31 30	

Longitude du nœud ascendant..	2 10 0
Sens du mouvement...........	rétrograde.

En regardant, comme tout autorise à le faire, ces éléments comme définitifs, la comète de 1843 est, de toutes les comètes connues, celle qui s'est le plus rapprochée du Soleil.

Le tableau des moindres distances périhélies déterminées jusqu'ici nous semble de nature à intéresser les lecteurs.

Valeurs des distances périhélies des comètes qui ont le plus approché du Soleil.

(La distance moyenne du Soleil à la Terre (38 millions de lieues) est supposée égale à 1).

	Distance périhélie.		Distance périhélie.
Comète de 1843.....	0.005	Comète de 1565.....	0.11
— 1680.....	0.006	— 1769.....	0.12
— 1689.....	0.02	— 1577.....	0.18
— 1593.....	0.09	— 1533.....	0.20
— 1821.....	0.09	— 1758.....	0.21
— 1780.....	0.10	— etc.	etc.

Le 28 mars, le diamètre de la nébulosité qui formait la tête de la comète a paru de 2′ 40″, ce qui correspond à un diamètre réel de 38,000 lieues, et à un volume égal à dix-sept cents fois le volume de la Terre.

Le 27 février, au moment du passage au périhélie, le centre de la comète de 1843 n'était éloigné de la surface du Soleil que de 32,000 lieues de 4,000 mètres. Supposons que le volume de la comète était le même le 27 février et le 28 mars, on aura à retrancher 19,000 lieues (rayon de la comète) du nombre précédent, pour avoir la

distance de la surface des deux astres au moment du passage au périhélie. Cette moindre distance des surfaces en regard de la comète et du Soleil se trouve ainsi de 13,000 lieues seulement.

Le 18 mars, la grandeur angulaire de la queue de la comète était de 40 degrés, et sa longueur absolue de 60 millions de lieues.

Voici quelques autres conséquences que MM. Laugier et Victor Mauvais ont déduites de leurs éléments :

La comète s'est trouvée à sa moindre distance à la Terre le 5 mars. Cette moindre distance, exprimée en parties décimales de la distance moyenne de la Terre au Soleil toujours représenté par l'unité, était 0.84. En lieues, on aurait pour nombre équivalent 32 millions de lieues.

Du 27 au 28 février, la comète a décrit sur son orbite 292 degrés.

Le 27, dans le court intervalle de $2^h\ 11^m$ (de $9^h\ 24^m$ à $11^h\ 35^m$ du soir), la comète a parcouru toute la partie boréale de son orbite.

Sa latitude héliocentrique ou vue du Soleil a varié aussi d'une manière extraordinaire. Ainsi, un demi-jour avant le passage au périhélie, cette latitude était 31° 4′ australe; à l'instant du périhélie 35° 21′ boréale; un demi-jour après 26° 11′ australe : ce qui fait pour les 24 heures un mouvement en latitude de 92° 36′.

Dans le même intervalle de temps, les rayons vecteurs, c'est-à-dire les distances de la comète au Soleil, ont varié dans le rapport du simple au décuple.

La comète a été deux fois en conjonction avec le Soleil

dans la journée du 27. Une première fois vers, 9^{h} 24^{m} du soir, l'astre était alors au delà du Soleil ; une seconde fois vers 12^{h} 15^{m}. Pendant cette dernière conjonction la comète s'est projetée sur l'hémisphère du Soleil visible de la Terre, et a dû y produire une éclipse partielle ; mais le phénomène, même prévu, n'aurait pu être observé en Europe, puisqu'il est arrivé vers minuit du méridien de Paris.

Si la longueur de la queue était aussi grande le 27 février que le 18 mars, si elle avait, ce premier jour (le 27 février), 60 millions de lieues à partir du noyau, son extrémité s'étendait bien au delà de la distance à laquelle la Terre circule autour du Soleil. Qu'aurait-il donc fallu, au moment où la comète s'interposa entre la Terre et le Soleil, pour que notre planète traversât la queue? Il aurait fallu, soit que cette queue fût couchée, exactement ou à peu près, dans le plan de l'orbite terrestre, soit que sa largeur eût eu une étendue suffisante. Une variation de 8° dans la latitude héliocentrique de la comète aurait amené cette curieuse rencontre. Pour qu'elle arrivât par le seul fait de la largeur de la queue, c'est-à-dire, sans apporter aucun changement aux éléments paraboliques de MM. Laugier et Mauvais, cette largeur aurait dû surpasser un peu le décuple de la largeur mesurée. Voici les éléments de cette évaluation :

La plus courte distance de la Terre à l'axe de la queue, le 27 février (au moment de la conjonction), était de 8,500,000 lieues; le demi-diamètre réel de la queue était de 660,000 lieues, en prenant 2° pour la largeur angulaire, la plus courte distance de la Terre

au bord de la queue était donc de près de 8 millions de lieues.

Ajoutons encore que la Terre se trouvait le 23 mars dans une région que la queue occupait le 27 février, en sorte que si la comète était passée à son périhélie 24 jours plus tard, la Terre aurait inévitablement traversé la queue de la comète dans sa plus grande largeur.

Les éléments paraboliques de MM. Laugier et Mauvais montrent que la queue de la comète n'a dû, dans nos climats, se dégager des rayons du Soleil et commencer à devenir visible que vers le 5 mars. Avant le passage au périhélie, vers le milieu de février, une heure après le coucher du Soleil, la hauteur du noyau au-dessus de l'horizon ne surpassait pas 13°. La distance de ce noyau à la Terre était d'ailleurs de 1.14. Il n'en faudrait pas davantage pour réduire à néant les reproches qu'on a adressés aux astronomes, si ces reproches méritaient de fixer un moment l'attention.

Un coup d'œil sur la table des orbites cométaires montre que la comète de 1843 est nouvelle ou qu'elle n'avait jamais été observée. Si les historiens ou les chroniqueurs en ont parlé, c'est dans des termes vagues qui ne permettent pas de calculer l'orbite. Or, la comparaison des éléments de l'orbite déterminés à deux époque est le seul moyen de savoir si l'astre qu'on observe s'était déjà montré, s'il doit être rangé dans la catégorie des comètes périodiques.

Séance du 10 *avril.* — M. Valz m'a communiqué les éléments paraboliques suivants, calculés d'après les obser-

vations faites à Marseille les 18, 27, 29, 30 mars et le 2 avril.

Passage au périhélie. 1843, février de Marseille.	27.43 temps moyen
Distance périhélie.............	0.0052
Longitude du périhélie.........	278° 59′
Longitude du nœud............	1 24
Inclinaison....................	35 39
Sens du mouvement...........	rétrograde

Je mettrai maintenant sous les yeux de l'Académie l'extrait suivant d'une lettre de M. Encke à M. de Humboldt, datée du 3 avril. Le célèbre directeur de l'Observatoire de Berlin y expose, ainsi qu'on va le voir, comment il est arrivé à se persuader que la comète de 1843, au lieu de décrire une ellipse extrêmement allongée, parcourt une courbe du second degré non fermée, une hyperbole.

En calculant les observations faites à Berlin dans l'hypothèse d'une parabole, on trouve des erreurs de plus de 40 secondes et une distance de la comète au périhélie plus petite que le rayon du Soleil, c'est-à-dire un résultat impossible. Au contraire, en calculant dans la supposition d'une orbite hyperbolique, le calcul représente si bien les observations que, dans 22 différences, aucune n'excède 12″.5 en arc. Seulement, 4 de ces écarts excèdent 10″; tous les autres sont plus petits. De plus, la comète, d'après la supposition hyperbolique, reste éloignée de la surface du Soleil, au passage par le périhélie, de 1,8e du rayon de cet astre. Je trouve :

Passage au périhélie, 1843, février de Berlin.	27.49778 temps moyen
Longitude du périhélie...........	279° 2′ 29″.9
Longitude du nœud..............	4 15 24 .9
Inclinaison......................	35 12 38 .2
Excentricité......................	1.00021825
Plus petite distance de la comète au Soleil.....................	0.00522
Sens du mouvement.............	rétrograde.

Voici les résultats des comparaisons de l'orbite hyperbolique et de l'observation directe :

1843	Position de la comète en ascension droite.	Position calculée.	Position de la comète en déclinaison.	Position calculée.	Différence en ascension droite.	Différence en déclinaison.
Mars 20	45°42′30″.0	45°42′30″.7	−9°13′40″.0	−9°13′40″.0	+ 0″.7	0″.0
21	47 25 30 .0	47 25 36 .5	8 56 40 .0	8 56 35 .5	+ 6 .5	+ 4 .5
22	49 3 27 .5	49 3 27 .0	8 39 59 .9	8 39 49 .2	— 0 .5	+10 .7
24	52 4 58 .7	52 4 55 .8	8 7 27 .6	8 7 17 .7	— 2 .9	+ 9 .9
25	53 29 17 .1	53 29 14 .0	7 51 46 .6	7 51 35 .6	— 3 .1	+11 .0
26	54 49 33 .0	54 49 38 .3	7 36 27 .6	7 36 18 .5	+ 5 .3	+ 9 .1
27	56 6 20 .6	56 6 24 .5	7 21 25 .3	7 21 28 .1	+ 3 .9	— 2 .8
28	57 19 47 .3	57 19 47 .8	7 7 4 .4	7 7 4 .1	+ 0 .5	+ 0 .3
29	58 30 4 .1	58 30 2 .9	6 53 2 .9	6 53 6 .7	— 1 .2	— 3 .8
30	59 37 10 .1	59 37 22 .6	6 39 45 .0	6 39 35 .7	+12 .5	+ 9 .3
31	60 42 6 .0	60 41 59 .5	6 26 19 .6	6 26 31 .1	— 6 .5	—11 .5

Malgré toute la réserve que commande une opinion professée par M. Encke, les astronomes de Paris n'ont pas pu s'empêcher de faire remarquer que la valeur de la distance périhélie, dans la parabole déduite de leurs observations, n'a jamais été inférieure au rayon du Soleil. Ils ont ajouté que, sur l'arc parcouru par la comète entre le 18 mars et le 2 avril inclusivement (à Berlin on n'a pu considérer que l'arc parcouru entre le 20 et le 31 mars), les plus grandes discordances sont de l'ordre de celles que M. Encke a trouvées en adoptant l'hyperbole. Le lecteur, au reste, pourra le reconnaître lui-même, en jetant un coup d'œil sur le tableau suivant, dressé par MM. Laugier et Victor Mauvais :

Dates.	Excès des positions paraboliques calculées sur les positions observées.	
	Longitudes.	Latitudes.
18 mars, Paris	+ 0″.1	0″.0
19 — Paris	+ 8 .9	+ 15 .8
21 — Genève	+ 1 .3	+ 3 .7
22 — Berlin	+ 1 .3	+ 9 .9

24	—	Berlin	+ 0 .8	+ 8 .9
27	—	Paris......	— 0 .7	+ 0 .4
28	—	Paris......	— 0 .3	+ 3 .7
29	+	Paris......	+ [illegible]	+ 6 .5
2	avril,	Paris......	— 6 .1	— 8 .5

MM. Laugier et Victor Mauvais ont cherché si des déterminations précises, calculables, ne pourraient pas être substituées aux considérations vagues d'après lesquelles M. Cooper s'est persuadé que la comète de 1843, les comètes vues en 1702 par Maraldi et en 1668 par Cassini ne seraient qu'un seul et même astre. Voici quelques extraits de la Note que les deux astronomes ont présentée à l'Académie.

Les observations de 1702 ne sont guère précises : Pingré rapporte, p. 37, t. II de sa *Cométographie*, une position de l'astre prise en mer (par 15° 10′ de latitude nord et par 116° 45′ de longitude est, comptée à partir de Ténériffe), le 28 février 1702 :

« Au commencement de la première veille, la comète fut relevée à 20° 30′ de l'ouest au sud, la hauteur sur l'horizon était 8° 40′. On releva aussi l'extrémité de la queue à l'ouest 38° sud, à 48° 50′ de hauteur. »

Malheureusement l'heure n'est pas donnée exactement.

Maraldi (*Mémoires de l'Académie des sciences*, 1702, p. 107) dessine sur une carte céleste deux positions de la queue, le 26 février et le 2 mars 1702.

Supposant le temps du passage au périhélie le 15 février 1702, nous avons calculé les positions que la comète de 1843 aurait eues les 26, 28 février, et le 2 mars 1702 ; les directions de la queue, trouvées par le calcul, le 26 février et le 2 mars, ne s'accordent pas bien avec les observations de Maraldi. Toutefois, l'observation du 26 février est moins discordante.

Quant à l'observation faite en mer le 28 février 1702, si on la suppose de $7^h\ 45^m$, on aura pour longitude et latitude :

	Longitude.	Latitude.	
Observation	9° 47′	—23° 0′	Ces deux nombres ont été pris sur une sphère.
Le calcul donne.	9 10	—23 51	

Mais peut-on supposer une variation de 15^m sur l'heure de l'observation ? L'auteur dit qu'elle a été faite au commencement de la première veille, et la première veille commença à 8^h du soir.

Comète de 1668. — Pingré rapporte, dans sa *Cométographie*, t. II, p. 22, deux positions de la comète de 1668 ; nous les transcrivons ici :

« Le 5 mars 1668, à San Salvador au Brésil, à 7^h du soir, le P. Valentin Estancel vit la comète un peu au-dessus de l'horizon, à l'ouest ; la queue avait son origine au-dessous des deux étoiles claires qui sont sur le dos de la Baleine (η et θ) ; elle se terminait aux étoiles 8e et 9e (ρ et σ) qui sont placées au plus bas du ventre... Le 7 mars, la tête était un peu au-dessous et à côté de l'étoile de la Baleine, dont la longitude était $0^s\ 12^\circ\ 42'$, et la latitude $-15^\circ 46'$ (θ sans doute) ; l'extrémité de la queue frisait ζ de la Baleine. »

Dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1702, p. 107, Maraldi dessine sur une carte céleste deux directions de la queue observée à Bologne par Cassini, le 10 et le 14 mars 1668.

De ces différentes observations, nous avons conclu les positions suivantes de la comète :

	Longitude.	Latitude.
Le 5 mars.........	$4^\circ\ 19'$	$-14^\circ 30'$
7 —	10 14	17 0
10 —	18 34	19 20
14 —	28 49	22 0

Les deux dernières positions sont entièrement douteuses, puisque l'on n'a pour les deux jours que des directions et des longueurs de queue.

Supposant que la comète de 1843 avait paru en 1668, nous avons calculé le temps du passage au périhélie à l'aide des deux observations du 5 et du 7 mars 1668.

Le 5 mars donna pour le temps du passage, 1668 février,	28.3
Le 7 .... 1668 février,	26.1
Moyenne..................	27.2

En adoptant ce dernier nombre, février 27.2, les erreurs seraient encore assez considérables. Nous avons reconnu que l'époque qui convient le mieux à ces observations est le 27 février, vers minuit.

Voici les positions calculées, en supposant le temps du passage le 27 février, à minuit :

	Longitude.	Latitude.	Différences avec l'observation. Longitude.	Latitude.
5 mars...	4° 20′	— 14° 27	+ 1′	+ 3′
7 — ...	10 36	— 16 59	— 6	+ 1
10 — ...	19 14	— 19 59	+ 40	— 39
14 — ...	29 23	— 21 59	+ 39	+ 1

D'après cet exposé, il est douteux que la comète de 1843 et celle de 1702 soient un seul et même astre ; mais il paraît extrêmement probable que la comète actuelle avait été déjà observée en 1668

Hâtons-nous de dire que les mêmes conclusions sont consignées dans une circulaire, portant la date du 31 mars, que M. Schumacher a fait imprimer et qui a été adressée à tous les astronomes d'Europe. M. Pétersen, d'après l'invitation de M. Schumacher, a calculé, autant que cela était possible, les observations de Maraldi et de Cassini, les observations grossières de Martin Browner et de Valentin Estancel. De cet examen minutieux découle, suivant le savant directeur de l'Observatoire d'Altona, cette conséquence : « Il est très-possible que la comète actuelle et celle de 1668 soient identiques. Le temps de la révolution serait de 175 ans. »

M. Colla nous a écrit de Parme que plusieurs personnes lui ont déclaré avoir vu en plein jour, dans la matinée du 28 février, à l'est du Soleil, et à peu de distance de cet astre, un corps lumineux parfaitement semblable à une comète. Un amateur d'astronomie, qui se trouvait à la villa di Collorno, décrit le phénomène en ces termes : « Très-belle étoile suivie d'une queue dont la lumière tirait un tant soit peu au jaunâtre. Cette queue, bien tranchée, s'étendait vers le levant dans une étendue de 4 à 5 degrés. Cette observation ne devenait faisable

qu'en se plaçant de manière qu'un pan de mur cachât le Soleil. Dans l'intervalle de $10^h\ 45^m$ à $11^h\ 45^m$ on ne remarqua aucun changement dans ces apparences. »

M. Colla oppose à ceux qui voudraient voir un parhélie dans le phénomène du 28 février la circonstance capitale que le ciel était parfaitement serein. J'ajouterai, comme une seconde objection, que les circonstances de l'apparition furent les mêmes dans une assez grande étendue de pays, à Parme et à Bologne par exemple.

La comète de 1843, parmi tant d'autres particularités remarquables, semble donc devoir être rangée dans le petit nombre de celles qui peuvent être observées en plein midi.

M. Adolphe Decous, capitaine du navire de commerce le *Guatimosin*, m'a fait savoir qu'il a aperçu la comète à Cuba, dès le 5 mars, à 7 heures du soir. Il résulte du dessin envoyé par M. Decous que la queue était déjà extrêmement étendue le 5 mars.

L'observation de Parme, celle de Bologne, enfin l'observation de M. Decous justifient la supposition qu'on a faite précédemment de l'existence d'une longue queue dans le moment du passage de la comète au périhélie. Pendant ce passage l'astre a décrit 180 degrés d'anomalie en $2^h\ 11^m$. Prenant 60 millions de lieues pour la longueur de la queue, on trouve que si l'extrémité la plus éloignée du Soleil restait toujours sur le prolongement du rayon vecteur de la comète, elle devait parcourir, dans les $2^h\ 11^m$, 188 millions de lieues ; ceci correspond à 24,000 lieues par seconde, ou à une vitesse égale au tiers de la vitesse de la lumière. Une si excessive vitesse a droit

d'étonner, et M. Daru avait toute raison lorsque, dans une lettre qu'il m'a adressée, il s'appuyait sur des considérations de cette nature, pour élever des doutes contre la généralité de la loi d'Apian. Peut être, cependant, ces doutes eussent été encore plus naturels, en les appliquant, non à un point de fait, mais à l'explication la plus généralement admise de la queue des comètes.

Séance du 17 *avril.* — Les lecteurs ont pu voir précédemment les arguments sur lesquels quelques astronomes se fondent pour soutenir que la comète de 1843 et la comète observée par Cassini en 1668 constituent un seul et même astre, exécutant autour du Soleil sa révolution entière dans l'espace de cent soixante-quinze ans au plus. MM. Laugier et Victor Mauvais viennent de soumettre cette identité supposée à une nouvelle épreuve. Après avoir calculé les éléments elliptiques de l'astre, dans l'hypothèse d'une révolution de cent soixante-quinze ans, ils ont cherché comment les observations seraient représentées. Cette comparaison est loin d'infirmer l'idée de l'identité des deux astres.

Éléments elliptiques de la comète de 1843.

Temps du passage, 1843 février.......	27.40211
Distance périhélie....................	0.0056779
Excentricité..........................	0.999185
Demi grand axe........................	31.28569
Longitude du périhélie................	278° 36′ 20″
Longitude du nœud ascendant........	0 44 2
Inclinaison..........................	35 46 11

Dates. — 1843			Excès des positions calculées dans l'ellipse, sur les positions observées	
			Longitudes.	Latitudes.
18	mars,	Paris.....	+ 0′6	— 0″.4
19	—	Paris.....	— 11 .8	— 17 .6
21	—	Genève...	+ 6 .5	+ 1 4
24	—	Berlin....	+ 5 .9	+ 7 .8
27	—	Paris.....	+ 3 .3	+ 2 .4
29	—	Paris.....	+ 12 .1	+ 4 .7
2	avril,	Paris.....	— 2 .3	+ 0 .5

M. Plantamour, ayant réussi, le 30 mars, à faire une nouvelle observation de la comète à Genève, s'en est servi pour perfectionner ses premiers éléments paraboliques. Voici les derniers résultats :

Passage au périhélie, 1843 février.	27.4461 t. m. de Genève.
Distance périhélie	0.005807
Longitude du nœud rapportée à l'équinoxe moyen du 1er janvier 1843....................	0° 51′ 4″
Longitude du périhélie..........	278 18 3
Inclinaison.....................	35 45 39
Sens du mouvement.............	rétrograde.

XIII

DOUBLE NOYAU DE LA COMÈTE DE SIX ANS TROIS QUARTS DITE COMÈTE DE GAMBART [1]

M. Valz m'a écrit la lettre suivante le 30 janvier 1846.

Les 18 et 20 janvier, la comète n'offrit rien de particulier. Seulement, la condensation lumineuse centrale me sembla plus intense qu'aux précédentes apparitions. Le temps couvert ne me permit

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXII, p. 265, 287, 333, 423 et 540.

de revoir la comète que le 27. Je fus alors tout ébahi de trouver deux nébulosités à deux minutes d'intervalle, au lieu d'une seule nébulosité... Hier 29, malgré les nuages, j'ai observé de nouveau la double tête ; la tête secondaire est bien plus faible que l'autre... Leur distance réciproque m'a paru un peu augmentée... Le partage s'est effectué du 20 au 27 ; il faut espérer que, sous un ciel plus propice, quelque astronome aura été témoin du phénomène à sa naissance.

Mon illustre ami, M. de Humboldt m'a écrit de son côté :

M. d'Arrest vit la comète double, le 27 janvier 1846, avec une simple lunette de nuit. M. Encke constata le fait immédiatement après, à l'aide de la grande lunette parallatique.

La distance des deux têtes était d'un peu moins de 3′.

Le 3 février 1846, je reçus de M. Schumacher la lettre suivante :

Quoique je ne doute pas que M. Encke ne vous ait déjà instruit de la singulière apparence qu'il a observée dans la comète de Biéla, je vous envoie tout ce qui m'est parvenu sur cet intéressant phénomène.

M. Encke a vu la comète double le 27 janvier. Elle avait deux noyaux, l'un plus faible que l'autre. Chaque noyau était suivi d'une petite queue dont la direction était perpendiculaire sur la ligne qui joignait les centres des noyaux. Le plus faible avait en arc 1′ 24″ de moins en ascension droite que la plus forte, mais 2′ 26″ de plus en déclinaison. Les deux noyaux avaient la même vitesse, et se mouvaient dans la même direction. Le 28, la position des deux noyaux, d'après des mesures micrométriques, se trouvait encore la même que le jour précédent.

Quelques heures après l'arrivée de la lettre de M. Encke, je reçus une lettre de M. Airy (du 27), qui me mandait que M. Challis de Cambridge avait vu la comète double, et que M. Hind, en ayant été averti, avait vu la même chose.

Hier, je reçus une lettre de M. Hind (du 31 janvier), par laquelle il me promettait de m'envoyer les observations de M. Herschel par le courrier prochain. M. Hind m'avertit que les deux noyaux se séparaient à présent rapidement.

Voici les observations de M. Encke. — Désignons par *f* le noyau faible et par F le noyau plus fort :

	T. m. de Berlin.	Ascension droite.	Déclinaison.	
Janvier 27...	$8^h\ 8^m 14^s.5$	$9^\circ 56' 34''.8$	$-\ 1^\circ 31' 32''.8$	*f*
—	8 8 20 .2	9 58 0 .9	"	F
—	8 24 24 .4	9 57 13 .5	"	*f*
—	8 24 30 .0	9 58 37 .5	— 1 34 2.8	F
Janvier 28...	7 53 21 .5	10 50 53 .5	— 1 40 10.2	F

On a trouvé par des angles de position et par la distance :

Janvier 28, $7^h\ 8^m\ 18'.6$. { $f = F - 1'\ 24''.0$ en ascension droite ; $f = F + 2\ 26\ .5$ en déclinaison ;

ce qui s'accorde avec les observations du jour précédent. On a répété les mesures $1^h\ 40^m$ après ces mesures, et on a trouvé encore la même chose.

Le mauvais temps n'a permis de voir la comète à Paris que le 6 février. Ce jour-là, vers les huit heures du soir, l'intervalle des deux noyaux, d'après les observations de MM. Laugier et Goujon, était de 4 minutes, ce qui correspondait à une distance de 27,000 lieues de 4 kilomètres. Voici les observations présentées à ce sujet à l'Académie par M. Laugier :

Le 6 février, vers $7^h\ 30^m$ du soir, par un clair de lune assez vif, on voyait facilement les deux noyaux de la comète, et, comme on le remarqua à l'Observatoire de Berlin, le plus austral des deux, que nous désignerons par F, était encore sensiblement plus brillant que l'autre (*f*). Plusieurs comparaisons concordantes avec une étoile de l'histoire céleste française, dont la position, le 6 février, était : ascension droite, $20^\circ\ 1'\ 14''.8$; déclinaison, $-\ 2^\circ\ 49'\ 56''.4$, ont donné :

Temps moyen de Paris.	Ascension droite de F.	Déclinaison de *f*.
6 février, $7^h\ 48^m\ 26^s.6$	$19^\circ\ 32'\ 23''.5$	$-\ 2^\circ\ 51'\ 44''.2$.

Pour la position du noyau *f*, on avait :

Temps moyen, $7^h\ 48^m\ 21^s.4$ { $f = F - 1'\ 48''.6$ en ascension droite[1]; $f = F + 3\ 57\ .5$ en déclinaison.

Le 10 février, l'éclat de la Lune et les vapeurs rendirent les observations fort difficiles; les deux noyaux étaient extrêmement faibles, et le plus boréal f était à peine visible. Nous avons néanmoins déterminé sa position relativement à F. Voici le résultat de six comparaisons tant en ascension droite qu'en déclinaison :

10 février, $7^h\ 25^m\ 15^s.0$, temps moyen........... { $f = F - 1'\ 44''.0$ en ascension droite; $f = F + 3\ 57\ .5$ en déclinaison.

Le noyau F a été comparé trois fois à une étoile de l'histoire céleste : ascension droite, 23° 27'; déclinaison, — 3° 44. On a trouvé :

10 février, $7^h\ 30^m\ 20^s.7$, t. m. . . { Asc. dr. de F = asc. dr. de l'étoile + 34' 13''.5; Déclin. de F = déclin. de l'étoile — 10 3 .7.

Enfin, le 12 février, presque au moment du passage de la comète par son périhélie, nous l'avons encore observée : la Lune s'était levée depuis 20^m au plus, et sa clarté était encore assez faible; en mettant l'œil à la lunette, nous remarquâmes aussitôt que le noyau f le moins austral, et jusqu'ici le plus faible des deux, était de beaucoup plus brillant que l'autre. Ce dernier (F) devenait de plus en plus faible à mesure que la Lune s'élevait au-dessus de l'horizon, et bientôt on ne l'aperçut plus qu'à de courts intervalles de temps. Nous avions heureusement eu le temps, M. Goujon et moi, de faire quelques observations qui permirent de fixer sa position ainsi qu'il suit :

12 février, $7^h\ 11^m\ 34^s.3$, temps moyen. . . . . . . { $F = f + 2'\ 3''.0$ en ascension droite; $F = f - 4\ 20\ .4$ en déclinaison.

Quant au noyau f, il a été comparé avec l'étoile 391e du catalogue de M. Rumker :

12 février, $7^h\ 25^m\ 50^s.9$, temps moyen. . . . . . . { Ascension droite de f = 26° 0' 51''.5; Déclinaison de f = — 3 53 32 .4.

1. Les différences d'ascension droite sont exprimées en minutes et secondes de degré.

On peut conclure des observations précédentes et de celles qui avaient été faites à Berlin, les 27 et 28 janvier, les angles sous-tendus aux différents jours par l'intervalle qui sépare les deux noyaux de la comète : ce sont les nombres de la deuxième colonne du tableau ci-dessous. Comme ces angles ont varié d'un jour à l'autre en vertu du changement de la distance de l'astre à la Terre, j'ai tenu compte pour chacun d'eux de cette variation, et ces angles, ainsi corrigés, sont inscrits dans la troisième colonne. Les angles de position de *f*, relativement à F, en d'autres termes l'angle que la ligne F*f* fait un jour donné avec le parallèle de F, figurent dans la quatrième colonne ; enfin j'ai réuni dans la cinquième colonne les distances absolues des deux noyaux, exprimées en lieues de 4 kilomètres.

Dates.	Distances angulaires des deux noyaux.	Valeurs des mêmes angles à la distance de 0.615 [1]	Angles de position de *f*, relativement à F.	Distances absolues des deux noyaux exprimées en lieues de 4 kilomètres.
27 janvier 1846.	2′ 48.9	3′ 11″.2	60° 11′	22000
28 — —	2 48.9	3 9 .1	60 11	21500
6 février —	3 58.4	3 58 .4	62 56	27000
10 — —	4 19.2	4 5 .3	66 24	28000
12 — —	4 47.9	4 24 .9	64 46	30000

Les différences qui existent entre les nombres de la troisième colonne sont trop considérables pour être regardées comme des erreurs d'observation ; il faut donc admettre que les deux noyaux de cette comète ont varié de distance, et que, du 27 janvier au 12 février, par exemple, ils se sont éloignés de 8,000 lieues.

M. Arago a pensé que, bien qu'il fût grandement probable, d'après leur marche presque simultanée, que les deux noyaux appartinssent à un seul et même astre, il serait bon de calculer les orbites paraboliques décrites par chacun d'eux, et il m'a engagé à faire le calcul ; en voici le résultat :

	Temps du passage au périhélie, février 1846.	Distance périhélie	Longitude du périhélie.	Longitude du nœud ascendant.	Inclinaison.	Sens du mouvement.
Orbite du noyau F	12.10844	0.862846	107° 10′ 4″	240° 51′ 45″	13° 28′ 41	D
Orbite du noyau *f*	12.12983	0.862668	107 13 17	240 54 54	13 25 3	D

1. 0.615 est la distance de la comète à la terre, le 6 février.

Les journaux américains rapportent que le lieutenant Maury vit la comète double, à Washington, dès le 12 janvier.

Il résulte d'une lettre de M. Schumacher que M. Widemann, à Kœnigsberg, et M. Challis, à Cambridge (Angleterre), virent distinctement le double noyau, le 15 janvier.

Le 14, M. Widemann avait observé la comète avec le grand héliomètre, sans y rien remarquer de particulier.

Le 24 janvier, M. Walker, directeur de l'Observatoire de Highschool (États-Unis), vit les deux noyaux fort éloignés l'un de l'autre.

Les deux noyaux paraissent avoir pu, vers le milieu de janvier, se projeter presque l'un sur l'autre. Pour assigner la date précise de cette conjonction, il sera nécessaire de rectifier les éléments des deux orbites.

Les singularités qui ont accompagné l'apparition actuelle de la comète de Gambart devaient naturellement reporter l'attention des érudits sur les phénomènes analogues consignés dans les annales de la science. Le passage ci-après de la *Cométographie* de Pingré peut être cité comme digne d'intérêt :

Éphore, historien grec, rapportait, selon Sénèque, que la comète de 371 s'était divisée en deux étoiles vers la fin de son apparition. Comme il est le seul garant de ce fait, Sénèque ne croit pas que sa seule autorité suffise pour le constater.

M. Édouard Biot a rappelé plusieurs des résultats de ses recherches sur l'astronomie chinoise, entre autres, le fait que voici :

Il parut en 896 trois étoiles extraordinaires, une grande et deux petites; elles furent vues entre les constellations ou divisions *Hui* (β Verseau) et *Goei* (α Verseau). Tantôt elles s'unissaient, tantôt elles se séparaient, elles se suivaient ensemble et marchaient vers l'Orient : elles allèrent trois jours, et les deux petites disparurent; ensuite la grande disparut.

Nous extrairons encore de la Note de M. Edouard Biot un passage relatif aux changements physiques que les comètes éprouvent :

La comète à deux queues citées dans les *Annales chinoises*, est de l'an 837 de notre ère. J'ai traduit le texte de *Ma-touan-lin* dans mes recherches sur les anciennes apparitions de la comète de Halley (voyez *Additions* à la *Connaissance des Temps* pour 1846, pages 78 et 79); on y lit : « Le jour *Y-tcheou* (10 avril 837), la comète était longue de 50 degrés. Son extrémité se partagea en deux branches. L'une était dirigée vers *Ti* (détermination α^2 de la Balance) ; l'autre couvrait *Tang* (détermination π Scorpion). Le jour *Ping-yn* (11 avril), elle fut longue de 60 degrés. Il n'y eut plus de bifurcation. Elle était dirigée vers le nord, et était au septième degré de *Kang* (détermination $\varkappa$ Vierge). »

Cette comète est dans le catalogue de *Ma-touan-lin* que M. de Guignes fils a traduit (voyez t. X des *Savants étrangers de l'ancienne Académie des sciences*); mais je crois ma traduction plus exacte que la sienne.

Dans le catalogue des comètes observées en Chine, entre 1230 et 1640, et traduit par moi du supplément de *Ma-touan-lin*, on trouve, à la date de 1362, une comète qui perd son noyau et ensuite perd sa queue (voyez *Additions* à la *Connaissance des Temps* pour 1846, pages 48 et 49) ; on y lit : « Le 28 mars, on ne vit plus le noyau sous forme d'une étoile : il y avait seulement une forme de vapeur blanche qui illuminait le ciel en courbe et indiquait l'ouest... Le 1er avril, elle passa en avant de χ de la grande Ourse. On voyait seulement une forme d'étoile sans chevelure. Elle était grande comme une tasse à vin. »

Enfin, à la page 76 des *Additions* à la *Connaissance des Temps*, même année, j'ai donné la description d'une apparition observée en 1066, où il y avait à la fois une étoile sans chevelure et une comète. Il y est dit : « Au nord, il y avait une étoile sans chevelure; la comète marcha vers l'orient, et il y eut en outre une

vapeur blanche large de 3 degrés environ. Elle joignait les étoiles du pôle... Le 25 avril, l'étoile reprit une chevelure. Sa queue fut longue de 10 degrés environ... La vapeur blanche se divisa en deux. Elle traversa obliquement le ciel, etc. »

Le 9 mars M. Valz m'a encore écrit :

Lorsque, dans ma dernière lettre, je disais que la séparation des deux têtes de la comète devait avoir lieu du 20 au 27 janvier, je ne pouvais en juger que d'après les apparences mêmes ; mais le 20, l'intervalle entre elles pouvait être trop faible pour devenir sensible dans la lunette employée d'ordinaire pour les comètes. En effet, la lenteur du mouvement relatif m'a montré depuis que cette séparation pouvait remonter bien au delà, ayant observé les deux têtes, autant qu'il m'a été possible, le 27 janvier, à 7 heures, et les jours suivants jusqu'à présent, durant lequel temps les nébulosités m'ont présenté de grandes singularités. Ainsi, le 13 février, elles paraissaient en contact et d'intensité égale, ainsi que le lendemain ; mais le 15, la tête secondaire devint plus intense que l'autre, ce qui continua le 16 et le 17, tandis que le 18, la tête primitive redevint la plus forte, ce qui a continué depuis, pendant que la tête secondaire s'affaiblissait toujours. Cependant, le 22 février, la tête primitive n'était guère plus forte que l'autre, et depuis, le temps est resté couvert. Voilà des anomalies assez bizarres ; mais, avant tout, il faudrait voir si elles ont été assez généralement observées pour être indépendantes des circonstances atmosphériques ou locales.

Voici l'extrait des registres de l'Observatoire de Paris concernant la comète à deux têtes :

Le 6 février le noyau boréal est le plus faible des deux ;

Le 12 février, ce même noyau est le plus brillant ;

Le 19 février, il est redevenu le plus faible ;

A partir de cette époque, l'éclat de cette seconde tête a continuellement diminué.

Le 2 mars, « le noyau le plus austral (le principal) est assez brillant, mais l'autre est tellement faible qu'on l'observe difficilement.

Nota. La Lune n'est pas levée.

Le 6 mars, on ne voit que le noyau principal, mais le clair de Lune est assez fort.

Du 6 au 16 mars, la Lune a empêché non de voir, mais d'observer la comète.

Le 16 mars, par un ciel assez pur, la Lune n'étant pas encore levée, la comète de Gambart présente l'aspect d'une large nébulosité assez brillante, c'est en vain que nous avons cherché à voir le second noyau, il nous a été impossible d'en apercevoir la moindre trace [1].

1. Voir le tome II de l'*Astronomie populaire*, p. 399.

SUR

LES ÉTOILES FILANTES

[Dans le livre XXVI de l'*Astronomie populaire*, consacré aux météores cosmiques, se trouve la plus grande partie des recherches de M. Arago sur les étoiles filantes et les bolides. Les notes qui n'y sont pas insérées ont été réunies ici.]

I

MÉTÉORE DE WORTHING

Le docteur Thomas Young a vu, le 3 août 1818, à $11^h\ 15^m$ du soir, à Worthing (latitude 50° 49′, longitude 20′ ouest de Greenwich), un météore très-lumineux près de Cassiopée. Le trait de lumière a commencé à 19° du pôle et à 65° d'ascension droite. Il a fini à 17° du pôle et à près de 80° ascension droite. Il est resté visible plus d'une minute sans mouvement, comme une comète, le *nucleus* étant son point de départ. Cette direction ne diffère que peu de celle du mouvement apparent du Soleil dans sa révolution annuelle. Il est curieux de rapprocher de cette observation un passage que M. Burckhardt a extrait du registre original de Hirch, et dans lequel il est également

question d'un météore qui n'avait pas de mouvement sensible : « 1626, $\frac{9}{19}$ juillet, vendredi matin, vers $1^h\ 20^m$, cherchant avec une lunette d'un pied et demi la nouvelle étoile dans le cou de la Baleine, je fus frappé d'une grande lumière. Regardant alors à l'œil nu, j'aperçus, vers le midi, une grande masse de feu, plus claire, plus grande et plus blanche que Vénus, égale à peu près à la moitié de la Lune. Cette masse avait une queue, en dessous et vers l'ouest; elle restait immobile à sa place. Voyant qu'elle n'avançait pas du tout et ne s'éteignait pas, je commençai à compter lentement, 1, 2, 3... Elle devint peu à peu plus pâle; mais elle était pourtant encore très-visible lorsque je comptais 200 ; sa faiblesse était déjà assez grande quand j'arrivai à 300. Enfin, elle disparut tout à fait, après avoir été visible un demi-quart d'heure environ. »

II

MÉTÉORE DE CAMBRIDGE

Le professeur Clarke, de Cambridge, et quelques autres personnes se promenaient, le 6 février 1818, sur les deux heures après midi, tout près de l'Université, lorsqu'ils aperçurent dans la région du nord, un météore lumineux fort large, qui descendait verticalement du zénith vers l'horizon, présentant ainsi l'image d'une matière lourde qui tomberait sur la terre par l'effet de sa gravité. Le ciel était alors parfaitement clair, et le Soleil brillait de tout son éclat. Le météore disparut avant d'avoir atteint les vapeurs dont l'horizon était chargé du côté du nord ;

partout il avait laissé, après lui, une traînée de points lumineux. Ce météore a été vu, à la même heure, près de Swaffham, en Norfolk. Gassendi avait déjà observé des étoiles filantes de jour et par un temps parfaitement serein (voyez sa *Physique*, liv. II, chap. VII, § 3); cependant, la particularité d'avoir été vu en plein jour donne encore quelque poids à l'observation du météore lumineux de Cambridge.

III

MÉTÉORE DE RICHEMOND

Le 16 mars 1822, à 10^h 5^m du soir, on a vu de la ville de Richemond, en Virginie, un météore lumineux d'une grandeur extraordinaire, se mouvant rapidement du nord-est au sud-ouest; des étincelles partaient du noyau dans les directions les plus variées. A la fin, il détona, et le bruit s'entendit dans toute la contrée environnante. La large masse de feu qui se développa au moment de l'explosion demeura visible pendant plusieurs minutes.

IV

MÉTÉORE DE RHODES

Le 9 avril 1822 à 9 heures du soir, à Rhodes, une longue et resplendissante colonne de lumière se montra dans le ciel; de nombreuses et vives étincelles en jaillissaient dans tous les sens. Quelques secondes après la disparition complète du phénomène, on entendit le bruit d'une forte explosion.

V

MÉTÉORE DU 16 AOUT 1822

Le 16 août 1822, il est apparu un météore lumineux occupant dans le ciel un arc d'environ 30° ; la partie intérieure ou la tête était plus lumineuse que le reste qui s'affaiblissait graduellement en allant vers l'autre extrémité ou la queue dans laquelle on aperçut au premier instant des étincelles. A Paris, au Havre, au Mans, à Caen, à Cherbourg, à Southampton, en Angleterre, le phénomène a été vu. M. Gay-Lussac l'a observé à Paris à 8h 15m dans la direction de l'ouest tirant un peu sur le sud : la tête lui parut être élevée d'environ 30° au-dessus de l'horizon. J'ai appris en outre, par une lettre du préfet de la Charente-Inférieure au ministre de l'intérieur, que ce météore fut aperçu à La Rochelle, précisément à la même heure, dans la direction du nord-ouest, et à 30° ou 35° au-dessus de l'horizon. Ayant essayé, d'après ces données, de déterminer la hauteur verticale du météore, j'ai trouvé pour résultat 66 lieues de 25 au degré.

VI

MÉTÉORE DE LA MARTINIQUE

Le 1er septembre 1822 à 8 heures du soir, il a paru au fort Royal de la Martinique un météore lumineux d'une grandeur considérable, se dirigeant de l'ouest à l'est avec rapidité. Il fut visible pendant plusieurs minu-

tes, produisit un bruit semblable au roulement du tonnerre, et éclata avec une détonation très-violente.

VII

MÉTÉORES LUMINEUX OBSERVÉS EN 1824

Le 17 avril 1824, à 10 heures un quart du soir, on aperçut du village de Upper-Kinneil, paroisse de Borrow-Stowness (Angleterre), un météore lumineux qui répandait dans l'atmosphère une vive clarté. Il se mouvait avec une rapidité extraordinaire dans la direction du sud, laissant après lui une traînée d'étincelles.

Un voyageur rapporte qu'en traversant les Alpes dans la nuit du 11 au 12 août, il a aperçu un globe de feu qui répandait la plus vive clarté sur l'atmosphère. Le phénomène a duré trois minutes.

Le 13 septembre, le ciel étant serein, on aperçut à Pétersbourg, dans la direction du sud-ouest, un petit globe de feu, d'une teinte bleu clair, qui descendait vers le sol sous un angle d'environ 35°. La longue queue lumineuse dont le globe était suivi avait aussi une teinte bleue. On n'entendit pas d'explosion.

Le 27 novembre, vers $5^h\ 45^m$ du soir, M. Hallaschka observa à Prague un météore igné qui avait à peu près la grandeur de la pleine Lune, et qui répandait de tous côtés une lumière blanche éclatante; les bords brillaient d'une lumière bleuâtre. Il resta visible 4 à 5 secondes: il se mouvait du sud-est au nord-ouest. Après la disparition du météore, on vit de grandes

lueurs, qui elles-mêmes disparurent au bout de quelques secondes.

VIII

MÉTÉORES LUMINEUX DE 1825

L'*Anthologie* de Florence donne une description détaillée d'un phénomène de lumière observé par un ciel serein, le 2 janvier 1825, sur la route d'Arezzo. Il se mouvait de l'ouest à l'est avec beaucoup de rapidité, il effleura la cime de quelques peupliers; il ne produisit ni détonation ni bruissement; il ne laissa aucune odeur sur sa trace. On y distinguait un noyau et une queue très-épanouie. Les étincelles qui en jaillissaient se perdaient dans l'air.

Dans la nuit du 10 au 11 septembre, vers les 9 heures et demie du soir, il parut, à Liancourt, département de l'Oise, un météore lumineux qui mérite d'être cité, tant à cause de son volume qu'à raison de sa forme. C'était un globe de feu, de figure elliptique, à peu près de la grosseur de la Lune dans son plein. Il était suivi d'une traînée de lumière, et ressemblait conséquemment beaucoup à une comète accompagnée d'une longue queue. Il se dirigeait du nord-ouest au sud-est, et paraissait descendre sous uu angle d'environ 35°. Après avoir rasé les appartements du château, il alla se perdre dans la petite rivière qui traverse le parc. Le ciel était pur et serein, le météore avait une lumière argentée et éclatante; il ne laissa à sa suite aucune odeur sensible. J'ai extrait ces

détails d'une lettre que M. le duc de La Rochefoucauld a bien voulu m'écrire au sujet de ce météore.

Le 14 novembre 1825, à 8 heures du soir, un météore lumineux très-brillant apparut dans l'atmosphère, à Leith, en Écosse. Il se mouvait de l'est à l'ouest avec beaucoup de vitesse; il parcourut, toujours dans la même direction, un arc d'environ 25°, et fit ensuite explosion au zénith, comme une fusée. La trace lumineuse que le météore avait laissée dans l'atmosphère était encore visible deux minutes après qu'il avait disparu.

Le 1er décembre 1825, à 5 heures de l'après midi, on aperçut à Berlin un globe de feu de la grosseur de la pleine Lune. Sa lumière était terne et rougeâtre; il disparut sans laisser aucune trace et sans avoir changé de place.

IX

SUR DES MÉTÉORES LUMINEUX OBSERVÉS SUR LE SOLEIL ET PENDANT UNE ÉCLIPSE

M. Hansteen rapporte que, pendant qu'il observait la polaire, le 13 août 1825, à 11 heures un quart du matin, il vit passer dans le champ de sa lunette un point lumineux dont la lumière était plus vive que celle de l'étoile. Son mouvement apparent se faisait de bas en haut; il était lent et un tant soit peu sinueux. M. Hansteen pense que c'était une étoile filante.

M. Dick imagine que le phénomène observé par M. Hansteen était non une étoile filante, mais quelque oiseau,

placé à une grande distance, et dont la surface convexe réfléchissait la lumière solaire dans la direction de l'axe de sa lunette. Sans nier que la lumière réfléchie très-obliquement sur les plumes d'un oiseau ne puisse quelquefois produire un effet analogue à celui que M. Hansteen a décrit, je ne pense pas que l'explication doive être généralisée. En observant le Soleil au cercle répétiteur, j'ai cent fois aperçu, même à travers le verre coloré adapté à l'oculaire, de larges points lumineux qui traversaient le champ de la lunette. Ils paraissaient trop bien terminés pour qu'il ne fallût pas admettre qu'ils étaient loin ; ils sous-tendaient de trop grands angles pour qu'on pût imaginer que c'étaient des oiseaux. J'ai cru quelquefois reconnaître que ces points se montrent plus fréquemment aux époques de l'année où d'immenses quantités de flocons de toiles d'araignée sont entraînées par les vents dans notre atmosphère. Au reste, ce phénomène mérite d'être étudié : pourquoi, en effet, n'y aurait-il pas des étoiles filantes de jour comme de nuit? Qui pourrait affirmer, si ces météores naissent aux dernières limites de l'atmosphère, que la présence du Soleil ne favorisera pas leur formation? Je laisse au lecteur à décider s'il n'y a pas quelque analogie entre les phénomènes dont nous venons de parler, et celui dont je tire la description d'une lettre adressée au président de l'Académie des sciences, le 5 octobre 1820, par M. Serres, sous-préfet d'Embrun.

« Le hasard a voulu me rendre spectateur d'un phénomène que je crois nouveau, et qui m'a paru intéresser la physique et l'astronomie. Le 7 septembre, sur environ une heure trois quarts du soir,

après avoir, comme tout le monde, observé l'éclipse de Soleil, je traversai la ville pour aller me promener dans les champs. Je vis d'abord sur l'une de ses places publiques un groupe assez nombreux d'individus de tout sexe et de tout âge, qui avaient les yeux fixés du côté du Soleil. Tout préoccupé encore de l'éclipse, je passai sans remarquer que, dans la position où était ce groupe il ne pouvait pas apercevoir le Soleil.

« Plus loin, je rencontrai un pareil groupe ayant également les yeux tournés vers le soleil ; mais comme cette fois-ci je fis attention que les individus composant ce groupe étaient dans une rue tout à fait à l'ombre, je compris qu'ils regardaient autre chose que l'occultation du Soleil, et dès lors il me vint dans l'idée de demander quel était l'objet qui fixait ainsi les regards. Il me fut répondu : « Nous regardons les étoiles qui se détachent du Soleil. — Que dites-vous là? — Oui, Monsieur; mais voyez vous-même, ce sera plus court. » Je regardai et je vis, en effet, non des étoiles, mais des globes de feu du diamètre des plus grosses étoiles, qui étaient projetés en divers sens de l'hémisphère supérieur du Soleil avec une vitesse incalculable; et bien que cette vitesse de projection parût la même pour tous, tous néanmoins n'atteignaient pas la même distance.

« Ces globes étaient projetés à des intervalles inégaux et assez rapprochés. Souvent plusieurs l'étaient à la fois, mais toujours divergents entre eux : les uns parcouraient une ligne droite et s'éteignaient dans l'éloignement; quelques-uns décrivaient une ligne parabolique et s'éteignaient de même; d'autres enfin, après s'être éloignés à une certaine distance en ligne directe, rétrogradaient sur la même ligne, et semblaient rentrer encore lumineux dans le disque du Soleil. Le fond de ce magnifique tableau était d'un bleu de ciel un peu rembruni.

« Au moment de mon observation, j'étais placé à l'angle d'une maison qui m'empêchait de voir le Soleil, et mon rayon visuel, passant par l'arête du toit, aboutissait à un point peu éloigné du bord de l'astre. L'éclipse était alors sur son déclin.

« Mon étonnement a été grand à la vue de ce spectacle si majestueux, si imposant et si neuf pour moi : il me suffit de dire qu'il ne m'a plus été possible d'en détacher la vue qu'alors que j'ai cessé de le voir, ce qui est arrivé peu à peu, à mesure que l'éclipse décroissait, et que les rayons solaires ont eu repris leur éclat habituel. C'est aussi ce qui est arrivé aux personnes présentes; l'une desquelles a ajouté, au moment où je me suis séparé du groupe : « Que le soleil lançait plus d'étoiles, alors qu'il était plus pâle. »

« Revenu de l'étonnement où m'avait jeté cet admirable phénomène, j'ai voulu savoir, de deux personnes que j'avais distinguées dans les deux groupes de spectateurs dont je viens de parler, par qui et comment elles en avaient eu connaissance. On m'a répondu qu'une femme du peuple avait crié : « Venez donc voir les flammes de feu qui sortent du Soleil. » Une autre personne m'a dit que c'étaient des enfants de dix à douze ans qui, les premiers, s'en étaient aperçus, lesquels, émerveillés de la chose, avaient crié : « Venez voir, venez donc voir ! » et qu'ainsi s'était formé le groupe devant lequel j'avais passé peu de temps après. »

X

SUR LES MOUVEMENTS DES ÉTOILES FILANTES

Le professeur Brandes, de Breslau, résume ainsi les résultats de ses nombreuses observations sur les étoiles filantes :

1° Ces météores se meuvent dans toutes les directions relativement à la ligne verticale ; mais le nombre d'étoiles filantes qui s'approchent de la Terre surpasse celui de ces météores qui s'en éloignent. Il paraît résulter de là que les étoiles filantes, pendant la courte durée de leur apparition, sont soumises à l'action attractive du globe.

2° Qu'on détermine la direction réelle suivant laquelle se meuvent les étoiles filantes, en rapportant chaque fois cette direction à celle de la Terre au moment de l'observation ; qu'on prenne ensuite la moyenne de tous les résultats partiels : si ces résultats sont assez nombreux, la direction qu'ils fourniront sera diamétralement opposée à celle de translation de la Terre.

Les étoiles filantes ont incontestablement une vitesse propre ; mais il semble découler de ce qui précède que

la plus grande partie de leur vitesse apparente est une simple illusion dépendante du mouvement de translation de la Terre. N'est-il pas digne de remarque qu'on arrive à une nouvelle preuve du mouvement de notre globe, par l'observation d'un phénomène aussi fugace et aussi inconstant?

Je n'ai sans doute pas besoin de rappeler ici que la marche réelle du météore en azimut et en hauteur exige la comparaison d'observations simultanées faites dans deux lieux éloignés.

XI

RAPPORT ENTRE LES NOMBRES DES ÉTOILES FILANTES D'AOUT ET DE SEPTEMBRE

M. Forster dit avoir reconnu que le nombre des étoiles filantes qu'on aperçoit dans le mois d'août est au nombre de celles qui se montrent en septembre, comme 3 est à 2. Suivant le même observateur, dans tous les autres mois de l'année ce phénomène est trois fois moins fréquent qu'en août.

XII

ÉTOILES FILANTES DE LA NUIT DU 12 AU 13 NOVEMBRE 1836

Les instructions remises à l'état-major de *la Bonite*, par l'Académie des sciences (voir t. IX des *Œuvres*, p. 36), invitaient les navigateurs à observer attentivement tous les météores qui pourraient se montrer dans le ciel, du 10 au 15 novembre, et particulièrement pendant la nuit

du 12 au 13, date habituelle d'une sorte de pluie d'étoiles filantes fort extraordinaire. Il était bien entendu que la même recommandation s'adressait aux observateurs sédentaires. Aussi, n'ai-je pas manqué d'inviter les quatre jeunes astronomes que le Bureau des Longitudes a placés sous ma direction, MM. Mauvais, Bouvard, Laugier et Plantamour, à vouloir bien, depuis le coucher jusqu'au lever du Soleil, s'établir à tour de rôle sur la terrasse supérieure de l'Observatoire, durant les nuits du commencement de novembre 1836, pour y tenir une note exacte du moment de l'apparition de chaque étoile filante, de la direction de son mouvement rapporté aux étoiles fixes, de sa durée et de son éclat.

Le mauvais temps avait contrarié ces recherches jusqu'au 12; mais ce jour-là, dans la soirée, le ciel s'étant éclairci, on a vu, depuis le 12 à 6^h 48^m du soir, temps moyen, jusqu'au 13 à 6^h 35^m du matin, 170 étoiles filantes, ce qui faisait, terme moyen, un peu plus d'une étoile par chaque 4 minutes; mais il faut remarquer que la lumière crépusculaire le matin dut effacer les plus faibles de ces météores.

Au milieu de la nuit, de 11^h 45^m à 2^h 5^m, c'est-à-dire en 2^h 20^m, on a compté 71 étoiles, ce qui, terme moyen, correspond à une étoile chaque 2 minutes.

La veille, de 11^h 45^m à minuit 30^m, on n'en avait pas aperçu une seule!

Sur les 170 étoiles dont il vient d'être fait mention.

52 ont parcouru le Lion;

73 se mouvaient dans des directions qui, prolongées, traversaient la même constellation;

40 suivaient des routes qui n'aboutissaient pas au Lion ; 5 n'avaient fait que se montrer et disparaître.

J'ai reçu un grand nombre de lettres relatives aux observations faites en différentes villes de France, dans la nuit du 12 au 13 novembre. Il résulte de ces observations que partout où l'on a suivi la marche des bolides, on les a vus se diriger vers la constellation du Lion.

M. Nell de Bréauté, qui a observé à La Chapelle, près de Dieppe, dit que le nombre des étoiles filantes, dans la nuit du 12 au 13, était vingt fois plus grand que dans les nuits ordinaires.

Voici du reste l'analyse des lettres qui me sont parvenues sur ces astéroïdes :

Paris. — A l'Observatoire de Paris, ainsi que nous l'avons déjà dit, on vit, de 6^h 48^m du soir à 6^h 35^m du matin, c'est-à-dire en 11^h 3/4 environ, 170 étoiles filantes.

M. Méret, à Bercy, fut gêné par les brouillards qui, dans ce quartier, couvraient les régions inférieures du ciel. Cependant, de minuit à 6^h du matin, il vit 120 étoiles filantes.

Mais la course de 84 seulement fut orientée. Dans ce nombre, 57 ou venaient du Lion ou parcouraient des lignes qui, prolongées, auraient traversé cette constellation.

M. Charles Coquerel n'a observé que de 4 à 6 heures ; dans ce court intervalle de 2 heures, il a vu au moins 26 étoiles filantes.

L'ensemble de ces météores se mouvait dans des lignes qui, prolongées, auraient abouti au Lion. Quelques-uns, cependant, paraissaient décrire vers l'est des lignes droites horizontales élevées d'environ 40°. Toutes, sans exception, marchaient vers le nord.

La Chapelle (près de Dieppe). — MM. Amédée Racine et Calais ont observé le phénomène sous la direction de M. Nell de Bréauté. De 11^h 39^m du soir à 3^h 24^m du matin, c'est-à-dire en 3^h 45^m, ces messieurs ont aperçu 36 étoiles filantes.

Yon-Altemare (département de l'Ain). — M. Millet Daubanton a vu, dans la nuit du 12 au 13 novembre, de 8^h du soir à 6^h du matin, c'est-à-dire en 10^h, 75 étoiles filantes.

Voici leur répartition : De 8^h à minuit, 15; de minuit à 3^h du matin, 22 ; de 3^h à 6^h, 38.

Strasbourg. — M. Fargeau, professeur de physique, aidé de trois de ses élèves, a vu, de $10^h 45^m$ du soir jusqu'à $2^h 37^m$ du matin, c'est-à-dire en $3^h 52^m$, 85 étoiles filantes. M. Fargeau dit avoir quelque raison de croire qu'il n'a pas noté, à beaucoup près, tous les météores qui se sont montrés.

57 des 85 étoiles filantes observées par M. Fargeau suivaient des routes dirigées vers le Lion. Dans les 28 étoiles restantes, plusieurs venaient peut-être aussi de la même constellation, mais la direction de leur marche ne fut pas déterminée.

Mme Glüch et M. Holl ont vu, de $10^h 20^m$ du soir à $2^h 25^m$ du matin, c'est-à-dire en $4^h 5^m$, 28 étoiles filantes.

Arras. — M. Larzillière, professeur de mathématiques au collége, n'a pas observé le phénomène d'une manière continue ; quelquefois même il s'est contenté de regarder par la fenêtre de sa chambre, de là on ne pouvait voir évidemment qu'une portion du ciel. Cependant, quoique ses recherches n'aient commencé qu'à 3^h et qu'elles aient fini à 6, M. Larzillière a vu 23 étoiles filantes. 18 de ces météores suivaient des lignes dont l'origine était dans la constellation du Lion, ou qui, prolongées, l'auraient traversée.

Angers. — M. Morren, professeur de physique au Collége royal d'Angérs, n'a pas observé toute la nuit. De $2^h 20^m$ à $4^h 21^m$, il a vu 49 étoiles filantes. Toutes les observations, dit M. Morren, ont été faites le visage tourné vers la constellation du Lion; par conséquent, une grande partie du ciel restait inobservée.

Rochefort.— De $1^h 30^m$ à $3^h 30^m$, M. Salneure, lieutenant de vaisseau, a observé 23 étoiles filantes.

Le Havre. — M. Colback, négociant, estime que, de 9^h du soir jusqu'à 2^h du matin, il apercevait, en moyenne, une étoile par minute. A 2 heures, le ciel se couvrit d'une légère brume.

Si des lieux où l'on a compté les étoiles filantes, nous devions passer successivement à tous ceux où l'observation n'a pas été faite avec ce même degré de précision, notre catalogue deviendrait vraiment trop étendu. Aussi,

nous contenterons-nous de dire, que, près de Nogent-sur-Vernisson, le phénomène avait un caractère tellement inusité qu'il frappa l'attention d'un domestique de M. Costaz ; qu'aux environs de Tours, dans la matinée du 13, les paysans s'entretenaient de la pluie de feu qui avait eu lieu pendant la nuit ; enfin que, dans la vallée du Rhône, aux environs de Culloz, les astéroïdes se succédaient avec une telle rapidité que la population, qui les apercevait à travers le brouillard, les prit pour des éclairs, qu'elle crut à un orage, ou à la reproduction de la brillante aurore boréale du 18 octobre.

Les étoiles filantes de la nuit du 12 au 13 novembre formaient-elles par leur nombre un phénomène extraordinaire, inusité ?

A Paris, à l'Observatoire, dans la nuit du 12 au 13, on apercevait, en moyenne :

14 étoiles filantes	en 1 heure
29	en 2
43	en 3
58	en 4
etc.	etc.

Comparons ces résultats à ceux des nuits précédentes et suivantes. A l'Observatoire on vit :

0 étoiles filantes en 1^h, dans la nuit	du 11 au 12
3.5	du 13 au 14
2.3	du 14 au 15.

La conséquence est manifeste.

Les observations de M. Méret ne sont pas moins concluantes. Ces observations donnent en moyenne :

20 étoiles en 1 heure
40 étoiles en 2 heures.

Or, le 11, de sept heures et demie jusqu'à neuf heures et demie, c'est-à-dire en deux heures, M. Méret ne vit pas un seul de ces météores.

Prenons enfin les observations de M. Millet Daubanton.

M. Millet, en moyenne, vit dans la nuit du 12 au 13 :

7.5	étoiles filantes	en 1 heure
15	....	en 2
22	....	en 3
30	....	en 4
etc.		etc.

Eh bien ! le 6 novembre, on n'aperçut aucune étoile... en deux heures.

Le 7,	il y en eut 4	en 4 heures
Le 8,	 0	en 3
Le 9,	 1	en 6
Le 14,	 2	en 6.

Nous ne citerons pas ici la direction la plus habituelle des routes parcourues, comme un caractère distinctif du phénomène du 13 novembre. D'abord, averti par les instructions destinées à la *Bonite*, c'est du côté du Lion que chacun a porté spécialement son attention ; c'est donc vers ce même côté que les observations auraient été les plus complètes, les plus nombreuses, alors même que les météores se seraient trouvés répartis uniformément dans le ciel. Mais voici une considération non moins importante.

Dans chaque saison, les directions les plus ordinaires suivant lesquelles se déplacent les étoiles filantes semblent

contenues dans le demi-cercle diamétralement opposé au mouvement de translation de la terre. (Voyez *Instructions, Rapports et Notices sur les voyages scientifiques*, t. IX des *Œuvres*, p. 34.) Or, le 13 novembre, la Terre parcourt une tangente de son orbite dirigée sur le Lion; c'est donc à partir du Lion que le plus grand nombre des étoiles doit paraître se mouvoir le 13 novembre, même dans l'hypothèse de mouvements réels uniformément répartis dans toutes les directions. En faisant à l'avenir une énumération très-exacte de tous ces mouvements apparents, on jettera sur le phénomène des astéroïdes des lumières qui aujourd'hui nous manquent totalement.

Au lieu d'orienter les routes des étoiles filantes par des repères pris dans les constellations, les observateurs de Dieppe les ont rapportées aux points cardinaux. L'azimut moyen des 36 étoiles observées par MM. Racine et Calais est, d'après les calculs de M. de Bréauté, sud 111° ouest; l'azimut du prolongement de la tangente que suivait la Terre au milieu de la nuit était sud 98° ouest; la direction moyenne de la course du petit nombre d'astéroïdes observés à La Chapelle se trouve donc, à 13° près, coïncider avec la direction diamétralement opposée à la marche de la Terre.

Des observations plus nombreuses, plus complètes, combinées avec des mesures de parallaxe, feront connaître si toutes les directions de mouvement existent au même degré dans la zone d'astéroïdes que la Terre traverse le 13 novembre, ou bien si un flux simplement conique pourrait suffire à l'explication du phénomène, etc.

Avant d'avoir éclairci ces points de fait, il serait prématuré d'essayer de remonter à la cause physique de ces curieuses apparences; de rechercher, par exemple, si, pour en rendre compte, il ne faudrait pas supposer qu'une grosse planète se brisa jadis, en quelques milliards de fragments, dans le moment même où elle se trouvait à la place que la Terre va occuper aujourd'hui le 13 novembre; si ces fragments ne se suivent pas comme les molécules dont se composent les queues de comètes, etc.

Ces astéroïdes ne deviennent évidemment visibles qu'en pénétrant dans l'atmosphère terrestre. Les plus brillants en 1836 répandaient un éclat comparable à celui de Vénus. Tous, ou presque tous, laissaient après eux une traînée d'étincelles dont l'incandescence durait de 1^s à 6^s. Pour quelques-uns de ces météores, on ne trouva pas moins de 25° entre la place de leur apparition et celle de leur extinction totale. S'il était certain qu'on eût remarqué des mouvements sérieux, nous serions inévitablement amenés à cette conséquence que la matière des astéroïdes du 13 novembre a une très-petite densité.

La dernière apparition des astéroïdes aura prouvé sans réplique qu'ils tombent quelquefois sur la Terre. M. Millet dit, en effet, avoir aperçu plusieurs de ces metéores qui se projetaient sur le versant des montagnes dont il était entouré; M. Bérard, capitaine de corvette, de son côté, en a vu un, à Paris, descendre jusqu'à la hauteur du parapet du Pont Royal.

XIII

ÉTOILES FILANTES DE LA NUIT DU 10 AU 11 AOUT 1837

Il y a eu, dans la nuit du 10 au 11 août 1837, une apparition extraordinaire d'étoiles filantes. Mon fils aîné, qui n'est pas astronome, et un de ses amis, en ont compté 107 entre onze heures un quart et minuit un quart, en se promenant dans le jardin de l'Observatoire. De minuit 37^m jusqu'à 3^h 26^m, commencement du crépuscule, MM. les élèves astronomes, Bouvard et Laugier, ont observé 184 de ces météores. Le plus grand nombre paraissait se diriger vers le Taureau, ainsi que cela devait être d'après le sens du mouvement de translation de la Terre.

Plusieurs lettres que j'ai reçues tendent à prouver : 1° que le phénomène ne s'est pas présenté seulement en 1837 ; 2° qu'il n'a pas été observé seulement à Paris ; 3° que, pour l'apparition qui a lieu dans ce mois, comme pour celle qui a lieu dans le mois de novembre, on observe, pendant plusieurs nuits consécutives, un nombre d'étoiles filantes notablement plus considérable que de coutume.

M. de La Tremblais, conseiller de préfecture, secrétaire général du département de l'Indre, m'a écrit de Châteauroux que le 9 au soir, se trouvant à quelques lieues de la ville, il a eu l'occasion d'observer un phénomène semblable.

« Depuis 10^h jusqu'à 10^h 35^m, dit-il, je vis environ une trentaine de ces étoiles, et certes, je ne vis pas toutes celles qui parurent,

car je suivais en voiture découverte la grande route dans la direction du nord-ouest au sud-est, de sorte que je ne pouvais observer que la partie du ciel comprise entre Cassiopée et l'Aigle, et j'étais distrait d'ailleurs par la nécessité de conduire ma voiture. Voici donc ce que j'ai remarqué :

« Toutes ces étoiles apparaissaient vers la constellation de Pégase ou un peu plus vers Cassiopée. Toutes se dirigeaient suivant une ligne menée de cette dernière constellation vers Antinoüs, quelques-unes au-dessus, la plupart au-dessous, et toujours parallèlement à cette ligne. Elles traversaient cet espace du ciel avec une grande vitesse, et cette vitesse était sensiblement la même pour toutes. Parmi elles, deux seulement ont laissé après elles une trace lumineuse d'une ou deux seconde de durée.

« Le lendemain soir, le 10, je sortis vers 10 heures, et, dans l'espace d'un quart d'heure, je vis encore cinq ou six étoiles filantes, même partie du ciel et même direction que les précédentes. Obligé de rentrer, je n'ai pas pu donner suite à cette observation.

« Le 11 au soir, à la même heure, je ne pus en voir que deux dans l'espace d'une demi-heure. Une troisième, fort brillante, parut auprès d'Arcturus, se dirigeant presque perpendiculairement à l'horizon. »

M. Walferdin, se trouvant en 1836 à Bourbonne-les-Bains, avait consigné sur son journal pour la nuit du 8 au 9 août les observations suivantes :

« Le 8 août 1836, de 9 heures et demie à 11 heures et demie, le ciel étant parfaitement serein, je remarque de nouveau un grand nombre d'étoiles filantes ; hier, je n'avais pu faire aucune observation, étant seul pour observer ; je porte surtout mes regards vers le nord, et je compte en 1 heure, ou plutôt en deux demi-heures, parce que je me suis reposé, 156 à 158 étoiles filantes. Je n'en ai pas observé moins de 2 par minute.

« Elles se dirigent de haut en bas, en s'écartant plus ou moins sur la verticale. Le plus grand nombre file dans la direction de l'ouest à l'est, et de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est.

« J'en remarque une qui se dirige presque horizontalement ou sous une inclinaison de quelques degrés seulement, laissant après elle une assez longue traînée ou suite de points lumineux d'une lueur vive, plutôt blanche que rougeâtre : sa durée est de 6 à 7 secondes. Il ne fait point de vent. »

M. Jules Graziani a observé, à Rome, deux années consécutives, en 1826 et 1827, un nombre tout à fait inusité d'étoiles filantes dans les nuits du 14 et du 15 août. En 1826, il en compta plus de cinquante par heure dans les deux nuits indiquées; il ne fut à portée d'observer le phénomène que de dix heures à minuit; la plupart de ces étoiles paraissaient se diriger du nord-est au sud-ouest.

Je ne dois pas oublier de profiter de cette occasion pour annoncer aux physiciens que M. Quetelet, directeur de l'Observatoire de Bruxelles, avait déjà reconnu, dès 1836, que le milieu d'août est une époque où l'on doit s'attendre périodiquement à voir une grande quantité d'étoiles filantes. Ce n'est pas un des moins curieux résultats dont la science sera redevable aux laborieuses et persévérantes recherches que M. Quetelet a faites sur ce mystérieux phénomène.

XIV

ÉTOILES FILANTES DU MILIEU DE NOVEMBRE 1837

Ma correspondance particulière m'a fourni les résultats suivants au sujet des étoiles filantes du milieu du mois de novembre : on s'est trop hâté en affirmant positivement que ces météores ont manqué au rendez-vous en 1837 ; en ajoutant que dès aujourd'hui il ne peut plus être question de leur périodicité, etc. Les précédentes apparitions n'ont pas eu lieu exactement à la même date; ainsi, l'absence d'étoiles filantes à Paris, pen-

dant la nuit sereine du 12 au 13 novembre, ne prouve rien. La clarté de la pleine lune aurait d'ailleurs suffi pour effacer toutes celles de ces étoiles que l'intensité de leur lumière aurait placées au-dessous de la seconde grandeur. En admettant la constance de la date, rien ne dit, en outre, que ce n'est pas de jour que les étoiles attendues ont traversé l'atmosphère de la capitale. Personne enfin n'a prétendu que l'atmosphère tout entière de la Terre dût être envahie par le courant des météores. En 1833, lorsqu'en Amérique ils étaient un objet d'effroi pour les populations, on les remarquait à peine en France. L'an dernier, sur *la Bonite*, on ne voyait que quelques rares étoiles filantes, le jour où en Europe leur grand nombre frappait tous les yeux. Sans doute, des ténèbres enveloppent encore la cause de ce curieux phénomène, mais n'est-ce pas une raison de plus pour ne laisser passer aucune observation sans la recueillir?

Nuit du 12 au 13 novembre

Paris. Une seule étoile filante, à $1^h\ 50^m$, temps moyen.

Montpellier. A 9^h, temps vrai, une étoile filante.

De 3^h à $4^h\ 45^m$, absolument rien.
De $4^h\ 45^m$ à 5^h, trois étoiles filantes.

Les trois étoiles sont parties d'un point situé à 20 degrés environ au sud de δ du Lion. Elles marchaient vers le sud, avec une grande vitesse, et à peu près dans la direction du méridien. La première brillait comme une étoile de première grandeur. Le temps était parfaitement serein. (Observations de M. Bérard).

Genève. — Minuit 20^m, temps..., étoiles filantes qui passent vers les étoiles ι et θ du pied de la grande Ourse, en se dirigeant obliquement vers l'horizon.

$2^h 50^m$. Étoile filante d'un faible éclat, qui traverse le carré de la petite Ourse, obliquement à l'horizon, et de l'est à l'ouest.

$3^h 10^m$. Étoile filante fort belle, partant du Lion et se dirigeant vers la tête de la grande Ourse.

$4^h 8^m$. Étoile filante d'un faible éclat, marchant de la grande Ourse à la petite Ourse, et traversant le carré de celle-ci parallèlement à l'horizon.

$4^h 12^m$. Étoile filante rouge, se dirigeant du carré de la grande Ourse vers l'étoile polaire.

$4^h 25^m$. Étoile filante partant de la queue de la grande Ourse, et se dirigeant obliquement vers l'horizon. Ciel nuageux, peu propre aux observations. (Observations de M. Wartmann.)

Marseille. — 7^h, temps vrai. Étoile filante de 1re grandeur, près de β d'Andromède, dirigée du sud au nord.

$2^h 18^m$. Étoile filante de 2e grandeur, au sud-est, à 10° de hauteur, direction du sud à l'est.

$2^h 48^m$. Étoile filante de 2e grandeur, provenant du Lion, depuis α cœur de l'Hydre jusqu'au Navire. Trajet de 20° en 1^s.

$3^h 38^m$. Étoile filante de 3e grandeur, partant de près de Sirius, et allant vers le sud-ouest, dans la direction de γ du Lion. Trajet court et rapide d'environ 10°.

$3^h 42^m$. Étoile filante de 2e grandeur, entre Pollux et Procyon, allant à l'opposite du Lion. Trajet de 4 à 5° en moins de 1 seconde.

$4^h 18^m$. Étoile filante de 3e grandeur, de Sirius à l'opposite du Lion. Trajet de 4 à 5° en 1/2 seconde.

$5^h 24^m$. Étoile filante de 3e grandeur, vers la queue du grand Chien, venant de γ du Lion. Trajet de 4 à 5° en 1/2 seconde.

$5^h 38^m$. Étoile filante de 3e grandeur, près du Cœur de l'Hydre, venant de γ du Lion. Trajet de 4 à 5° en 1/2 seconde.

$5^h 46^m$. Étoile filante de 1re grandeur, de Régulus à l'opposite de γ du Lion. Trajet de 4 à 5° en 1/2 seconde.

$6^h 6^m$. Étoile filante de 1re grandeur, de Jupiter vers γ du Lion. 20′ de trajet en 1 seconde.

De ces dix étoiles filantes, les huit dernières se mouvaient suivant la direction attendue. On peut donc supposer qu'elles appartenaient au groupe déjà reconnu. Sans la clarté de la Lune, on en eût probablement aperçu un plus grand nombre. Le ciel était parfaitement serein. (Observations de M. Valz, directeur de l'Observatoire de Marseille.)

Nuit du 14 au 15 novembre.

Jambles (Saône-et-Loire). — De 8 heures à 8 1/2 (temps moyen). 39 étoiles filantes, marchant toutes de l'est à l'ouest. (Observations de M. de Nervaux.)

Nuit du 15 au 16 novembre.

Paris... (heure non déterminée), 17 étoiles filantes en une minute et demie. Elles partirent toutes de la constellation de Cassiopée ou de ses environs, et se dirigèrent de l'est à l'ouest-nord-ouest. (Observations de M. Ch. Dame, faites au collége Rollin.)

XV

SUR LES ÉTOILES FILANTES PÉRIODIQUES DU MOIS D'AOUT

A la fin de l'année 1836, M. Quetelet signalait (voir plus haut, p. 589) les environs du 10 août comme une époque d'apparitions extraordinaires d'étoiles filantes. L'*Introduction à la philosophie naturelle* de Musschenbroek, ouvrage qui parut en 1762, a fourni depuis, au savant astronome de Bruxelles, un passage qui, malheureusement, manque de précision, mais duquel résulte cependant avec quelque probabilité que le même phénomène s'observait déjà il y a soixante-quinze ans. L'année 1837 a confirmé, comme chacun sait, l'heureuse conjecture de M. Quetelet. Il est donc très-important de former aujourd'hui le catalogue le plus complet possible des apparitions inusitées d'étoiles filantes qui ont pu être observées dans le mois d'août. M. Quetelet a commencé ce travail ; M. Herrick s'y est aussi consacré, et le contingent qu'il a fourni est précieux.

9 *août* 1779. — Les *Transactions philosophiques*, vol. LXX, renferment une lettre de sir William Hamilton, dans laquelle, après avoir décrit l'éruption du Vésuve de 1779, l'auteur ajoute : le 9 août, à 7 heures du soir, tout était calme. Chacun remarqua que cette nuit là, pendant plusieurs heures après l'éruption, l'atmosphère était remplie des météores vulgairement connus sous le nom d'étoiles filantes.

8 *août* 1781. — M. Caleb Gannet, dans son *Historical Register of the Aurora borealis* (voyez *Memoir of the American Academy*, Boston, 1785), dit que, dans la nuit du 3 août 1781, il se montra un grand nombre de météores, et qu'ils marchaient, en général, du nord-ouest au sud-est.

9 *août* 1799. — Dans un ouvrage curieux publié il y a longtemps par le célèbre lexicographe Dr Noah Webster, intitulé : *Brief history of epidemic and pestilential diseases* (Hartford, 1799), on lit dans le 2e volume, p. 89 : « Pendant la grande chaleur qui développa la maladie pestilentielle de l'été dernier, 1798, les petits météores ou étoiles filantes furent incroyablement nombreux durant plusieurs nuits, vers le 9 août. Presque tous marchaient du nord-est au sud-ouest, et se succédaient si rapidement que l'œil d'un spectateur curieux était presque entièrement en action. »

9 *août* 1820. — Dans *Tilloch's Philos. Mag. and Journal*, in-8, et *London Mag.*, 1821, vol. LVII, M. John Farey a annoncé que, dans la nuit du 9 août 1820, il fut témoin à Gospart d'un nombre inaccoutumé d'étoiles filantes.

10 *août* 1826. — Il y eut une apparition peu ordinaire d'étoiles filantes dans la nuit du 10 août. La citation est tirée des *Results of a Meteorological Journal* d'août 1826; tenu *at the Observatory of the Royal Academy*, Gosport.

10 *août* 1823. — M. le professeur W. H. Brandes, dont les observations sur les étoiles filantes sont, sans contredit, les meilleures que nous ayons, dit dans l'*Unterhaltungen für Freunde der Physik und Astronomie*, Leipzig, 1825, in-8, que « dans la nuit du 10 août 1823, lui et ses associés notèrent, dans moins de deux heures, cent quarante étoiles filantes, sans parler de celles dont ils ne parvinrent pas à tracer la route. » M. Brandes ajoute : « Cette soirée était si tranquille, l'air si doux, le ciel, quoique un peu nuageux, si riche

en étoiles filantes, qu'elles attirèrent l'attention des voyageurs qui devaient le moins s'intéresser à un pareil phénomène. »

10 *août* 1833. — Dans le *London Magasine of Natur. Hist.* (in-8, London), mai 1837, p. 232, on lit : « 10 août 1833, entre 10 heures et minuit, étoiles filantes et météores dans le Worcestershire. »

Pour de grands détails il faudrait consulter un mémoire de M. Lees, inséré dans l'*Analyst* (London), août 1834, n° 1, p. 33. Je n'ai pas pu, dit M. Herrick, me procurer ce journal.

10 *août* 1834. — Un nombre extraordinaire de brillants météores ou étoiles filantes fut vu dans quelques parties de cette contrée. Ce passage est tiré du registre météorologique du D[r] Henri Gibbons, observateur exact et digne de toute confiance, qui était alors à *Wilmington* (Delaware).

Nuit du 9 *au* 10 *août* 1836. — Dans le *Meteorological Appendix* au Rapport des régents de l'Université de New-York, rédigé en mars 1837, je trouve page 169 : « 9 août 1836, météores fréquents pendant la nuit à Bridgewater, New-York, professeur B.-J. Joslin, de Schenectady, New-York. Un observateur exact et soigneux, dit M. Herrick, m'a communiqué l'extrait suivant de ses notes : « En « combinant toutes mes observations, je trouve que, pendant la plus « grande partie de la soirée, à la fin comme au commencement, les « étoiles filantes tombèrent à raison d'à peu près cent cinquante par heure. » C'est assurément un nombre bien au delà de la moyenne ordinaire.

Nuit du 9 *au* 10 *août* 1837. — Un nombre extraordinaire d'étoiles filantes ou de bolides fut remarqué dans différentes villes des États-Unis. Les circonstances de ces apparitions ont été signalées dans le *American Journal of sciences*, for october 1837.

Pendant les quelques heures de séjour que je fis en 1837 à Bruxelles, M. le docteur Th. Forster nous parla, à M. Quetelet et à moi, d'une indication curieuse contenue dans un manuscrit qui remonte probablement à la fin du XVII[e] siècle, mais dont il serait maintenant très-utile de rechercher la date précise. Ce manuscrit, conservé dans un des collèges de Cambridge, est intitulé : *Ephe-*

merides rerum naturalium. C'est un calendrier où l'on voit, à côté de chaque jour de l'année, un pronostic ou une remarque relative aux phénomènes naturels qui caractérisent ces diverses époques de l'année ; eh bien, dans cette sorte de calendrier, en regard du 10 août, on trouve le mot *meteorodes !*

M. Forster nous apprit en même temps que ses compatriotes catholiques avaient si bien remarqué anciennement le nombre inusité d'étoiles filantes du 10 août, qu'ils ne s'étaient pas crus dispensés d'en chercher la cause. Suivant eux, ces étoiles étaient les larmes brûlantes de saint Laurent, dont la fête arrive précisément ce jour-là. Il y a presque toujours quelque chose à gagner dans l'examen attentif des préjugés populaires.

XVI

SUR LES MOUVEMENTS DE PRÉCESSION DES ÉTOILES FILANTES

MM. Erman, Boguslawsky et Chasles se sont livrés à des discussions très-savantes d'où il résulte incontestablement que les grandes chutes ou apparitions périodiques d'étoiles filantes sont sujettes à des mouvements de précession. Ces mouvements lents ou rapides ne sauraient se concilier avec une découverte qu'un académicien a annoncé avoir faite en étudiant les anciens auteurs italiens. « Dans les *Scriptores rerum Italicarum*, dit cet académicien, on trouve un grand nombre d'observations météorologiques. Si je pouvais m'étendre sur ce sujet, je donnerais une liste de nombreuses étoiles filantes

qui ont été observées dans divers siècles, vers le 12 novembre. »

Supposons de nombreuses apparitions d'étoiles filantes vers le 12 novembre, bien constatées pour les siècles passés, et tout mouvement de précession disparaît. Il est donc vivement à désirer que l'on connaisse exactement les passages des auteurs italiens auxquels il a fait allusion. Sans cela, les lignes extraites de l'*Histoire des sciences mathématiques en Italie* qu'on vient de lire pourraient entraver les progrès d'une branche très-importante et très-curieuse de la météorologie. Il est à remarquer que la seule citation que l'on a faite est, non d'un écrivain italien, mais de Grégoire de Tours. Cette citation, d'ailleurs, ne me semble pas se rapporter à des étoiles filantes. Que dit, en effet, l'évêque de Tours? Que, dans la nuit du 9 novembre 577, il apparut un grand prodige; qu'on vit un étoile briller au centre de la Lune; que d'autres étoiles parurent aussi un peu au-dessus et un peu au dessous de la Lune; qu'enfin, autour de ce même astre, se forma le cercle qui souvent annonce de la pluie.

Dans tout cela il n'y a pas un mot d'où l'on puisse induire que les étoiles, parties intégrantes du prodige, se mouvaient, qu'elles étaient des étoiles filantes. Il serait inutile de se livrer à des conjectures touchant la prétendue étoile qui se projetait sur le centre de la Lune. Quant aux autres, elles étaient peut-être des étoiles ordinaires, ou les parasélènes qui accompagnent assez souvent les halos.

XVII

RAPPORT SUR UNE NOTE DE M. ÉDOUARD BIOT, RELATIVE AUX ÉTOILES FILANTES

L'Académie, sur les conclusions conformes d'une Commission [1], a décidé qu'un travail de M. Édouard Biot, concernant les étoiles filantes et les bolides observés à la Chine à des époques reculées, serait inséré dans le *Recueil des savants étrangers*. L'auteur présente aujourd'hui une Note supplémentaire à ce premier travail. Les physiciens y trouveront une discussion nouvelle des anciennes observations. En faisant un usage très-intelligent des représentations graphiques, M. Édouard Biot rend sensible, pour les yeux les moins exercés, l'existence de deux maxima dans le nombre des apparitions du phénomène. L'un correspond à une époque comprise entre le 18 et le 27 juillet années juliennes; l'autre se trouve entre le 11 et le 20 octobre. A la simple inspection il résulte également des figures que du solstice d'hiver au solstice d'été on voit beaucoup moins d'étoiles filantes et de bolides qu'entre le solstice d'été et le solstice d'hiver. Dans cette seconde période de 960 à 1275 après Jésus-Christ le nombre total s'élève à 462, tandis que, dans la

1. Cette Commission était composée de MM. Arago et Babinet, rapporteur; le travail de M. Édouard Biot avait pour titre : *Catalogue des météores observés en Chine* entre les années 687 et 1275 de notre ère. (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XIV, p. 699; séance du 16 mai 1842.) Le rapport ci-dessus fait au nom de la même Commission par M. Arago a été lu le 11 janvier 1847. (*Comptes rendus*, t. XXIV, p. 39.)

première, il n'est que de 1017. Ces résultats concordent, quant aux époques des maxima et des minima, avec ce qu'on a trouvé en Allemagne en discutant l'ensemble des observations modernes. La ressemblance s'étend jusqu'au rapport numérique des deux nombres, si l'on prend pour terme de comparaison les résultats consignés dans les précieux tableaux que M. Coulvier-Gravier a déduits de ses propres recherches et qui, grâce au zèle infatigable de cet observateur, acquièrent chaque année plus d'intérêt.

Peut-être faudra-t-il un jour rapporter les observations au périhélie et à l'aphélie, c'est-à-dire aux deux extrémités de l'axe de l'orbite terrestre; mais les données dont on dispose ne sont pas assez anciennes pour qu'il y ait présentement utilité, comme le remarque l'auteur du Mémoire, à entreprendre ce travail.

La Note de M. Édouard Biot est terminée par des considérations intéressantes sur ce qu'on appelle les apparitions en masse des étoiles filantes, et sur la direction que ces météores affectent. En Chine, comme en Europe, ces apparitions ont quelquefois manqué pendant une longue suite d'années. Entre 960 et 1275, le sens le plus fréquent, dans la direction du météore, a été vers la partie du ciel comprise entre le sud-ouest et le sud-est.

La Note de M. Édouard Biot offre une discussion ingénieuse d'observations qui, jusqu'ici, étaient restées ensevelies dans les annales de la Chine. Nous estimons qu'elle doit être insérée dans le *Recueil des savants étrangers* à la suite d'un premier travail qu'elle complète et dont l'Académie a déjà ordonné l'impression.

SUR LES

VARIATIONS DE LA TEMPÉRATURE

À DIVERSES PROFONDEURS AU-DESSOUS DU SOL

[Poisson, dans son ouvrage sur la *Théorie mathématique de la chaleur*, représente par la formule suivante la température u d'un point situé à la distance x de la surface :

$$u = f + gx$$

Dans cette formule f et g sont des quantités indépendantes de x et qui peuvent changer de valeur par l'effet des variations diurnes, annuelles ou séculaires ; on peut, en un moment donné, les déterminer par l'expérience. Pour cela, d'après cette expression de u, on formera autant d'équations de condition que l'on aura déterminé de températures le long de la verticale correspondantes à des valeurs connues de x, et si le nombre de ces conditions est assez considérable, on en déduira les valeurs de f et g par la méthode des moindres carrés des erreurs. Si la distance x est d'environ 20 mètres et au delà, la température u varie très-peu, mais à la même distance de la surface, sa valeur change d'une verticale à une autre ; généralement elle aug-

mente ou diminue selon que l'on se rapproche ou s'éloigne de l'équateur. A une profondeur moindre, la température du point considéré est soumise à des variations diurnes et annuelles dont les amplitudes décroissent à mesure que la distance à la surface augmente, et qui disparaissent entièrement quand cette distance a atteint une vingtaine de mètres.

On trouve dans la Notice sur les puits forés (t. III des *Notices scientifiques*, t. VI des *Œuvres*, p. 314 à 399) l'ensemble de toutes les observations réunies par M. Arago sur l'augmentation de la température avec la profondeur à partir de la couche dont la température est à peu près invariable avec le temps. Dans la Notice sur l'état thermométrique du globe terrestre (t. V des *Notices scientifiques*, t. VIII des *Œuvres*, p. 636 à 646), sont données les observations thermométriques faites dans la couche à température presque constante située à la profondeur des caves de l'Observatoire de Paris. M. Arago a voulu aussi déterminer les variations diurnes et annuelles de la température de la couche située entre la surface et les caves de l'Observatoire. Le registre des observations de M. Arago n'ayant pas été retrouvé, il a fallu se borner à extraire de la *Théorie mathématique de la chaleur* les passages suivants relatifs aux communications faites à Poisson par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences :

« M. Arago a fait placer à l'Observatoire plusieurs thermomètres enterrés dans le jardin à des profondeurs différentes, où les inégalités annuelles de température sont encore très-sensibles. La tige de chaque instrument

s'élève jusqu'à la surface du sol et un peu au-dessus, et c'est sur la division adaptée à la partie extérieure de cette tige que l'on mesure les variations de température, ce qui dispense de retirer le thermomètre de la terre à chaque observation que l'on veut faire. Mais il en résulte que la température ainsi mesurée sur cette échelle extérieure dépendra de la température de la boule, qui est celle de la Terre à la profondeur où l'instrument est enfoncé et des températures différentes des points de la tige, dans toute sa longueur égale à cette profondeur. La température de la boule est celle que nous avons désignée par u à la profondeur x; pour la comparer à la température observée, il faudra donc faire subir à celle-ci une certaine correction dépendante du rapport des volumes de liquide que renferment la tige et la boule de chaque thermomètre. On s'occupe actuellement du calcul de cette correction. Afin de pouvoir faire usage des observations non corrigées que M. Arago m'a communiquées. je supposerai que leurs corrections soient peu considérables; quand elles auront été faites, il faudra en effectuer de semblables sur les valeurs des constantes ou les calculer de nouveau. Il n'est pas non plus impossible que les zéros des échelles thermométriques aient un peu changé, soit quand les instruments ont été enterrés, soit graduellement pendant la durée des observations. C'est pourquoi je n'emploierai dans mes calculs que des différences de température observées, et je ne ferai point usage des températures absolues.

« A des profondeurs qui varient depuis 2 jusqu'à 8 mètres, le maximum et le minimum se sont succédé à un

intervalle d'à peu près 6 mois, et leurs époques ont peu varié d'une année à une autre pour chaque profondeur. Pendant quatre années d'observations, l'excès du maximum sur le minimum s'est un peu écarté de sa valeur moyenne; cet écart s'est élevé à un degré en plus et en moins, à la moindre profondeur, et seulement à un dixième de degré à la plus grande; on doit l'attribuer en grande partie aux variations que la température provenant de la chaleur solaire éprouve d'une année à une autre, et c'est pour cela qu'il diminue à mesure que la profondeur augmente.

« D'après la moyenne de ces quatre années, l'excès du maximum sur le minimum annuel a été de 1°.414 à la profondeur de 8^{m}.121, et de 2°.482 à celle de 6^{m}.497...

« Terme moyen, le maximum et le minimum ont eu lieu vers le 18 décembre et le 13 juin à la plus grande profondeur, et vers le 15 novembre et le 10 mai à la plus petite; ou autrement dit, les maxima sont arrivés à peu près 272 et 239 jours après le 21 mars, que l'on peut prendre pour le jour de l'équinoxe, et les minima à peu près 84 et 50 jours après la même époque....

« Il résulte aussi des observations de M. Arago que l'excès du maximum sur le minimum annuel de température a été de 7°.800 à la profondeur de 3^{m}.248, et qu'il s'est élevé à 13°.017 à celle de 1^{m}.624. »

Avant d'entreprendre les observations thermométriques dont il vient d'être question et qui ont été continuées pendant plusieurs années, M. Arago avait publié, en 1818, sur les recherches faites antérieurement sur le même sujet

par d'autres physiciens, la Note qui suit dans les *Annales de chimie et de physique*, t. VIII, p. 209 :]

Les observations suivantes ont été faites en Écosse dans le vaste jardin de M. Robert Ferguson de Raith. Ce jardin est situé à Abbotshall, par 56° 10′ de latitude nord, 15 mètres environ de hauteur au-dessus de la mer, et à la distance de 1600 mètres de la côte de Kirkaldy.

Les tubes des divers thermomètres dont M. Ferguson s'est servi avaient tous un petit diamètre et une grande longueur. Pour résister aux effets de la pression exercée intérieurement par le mercure, les récipients étaient cylindriques et d'un verre très-épais. Les instruments protégés chacun par une boîte en bois étaient enterrés dans le sol à des profondeurs de 1, 2, 4 et 8 pieds anglais (0ᵐ.30, 0ᵐ.61, 1ᵐ.22, 2ᵐ.24). Une portion seule de la tige sortait de terre et permettait de lire immédiatement la température sans avoir besoin de toucher à l'instrument. Le sol, jusqu'à 1ᵐ.22 de profondeur, est formé de gravier doux (*a soft gravelly soil*); plus bas on rencontre un lit de sable et d'eau. On trouvera dans la table suivante les résultats moyens fournis pendant les années 1816 et 1817, par les thermomètres diversement enfoncés dans la terre :

1816

	0ᵐ.30	0ᵐ.61	1ᵐ.22	2ᵐ.44
Janvier........	− 0°.6	+ 2°.4	+ 4°.8	+ 6°.1
Février......	0 .9	2 .2	3 .9	5 .6
Mars..........	1 .7	2 .6	4 .2	5 .7
Avril..........	4 .3	3 .6	5 .2	6 .0
Mai...........	6 .7	6 .3	6 .3	6 .7

Juin..........	10°.9	10°.0	8.°4	7°.7
Juillet........	12 .2	11 .4	10 .2	8 .7
Août..........	10 .0	11 .4	10 .3	9 .7
Septembre.....	10 .9	10 .7	11 .0	10 .0
Octobre.......	8 .3	9 .6	9 .8	9 .8
Novembre.....	4 .9	6 .6	7 .9	7 .6
Décembre.....	2 .1	4 .4	6 .1	7 .8
Moyennes.....	6 .1	6°.8	7°.3	7°.7

1817

	0m.30	0m.61	1m.22	2m.44
Janvier........	2°.0	3°.7	4°.7	7°.3
Février........	2 .8	4 .4	5 .3	5 .9
Mars..........	4 .1	4 .6	5 .4	5 .8
Avril..........	7 .2	5 .8	5 .9	5 .8
Mai...........	8 .2	7 .0	7 .0	6 .8
Juin..........	10 .6	9 .7	8 .7	8 .8
Juillet........	12 .9	12 .8	10 .8	9 .8
Août..........	11 .9	12 .2	11 .1	10 .0
Septembre.....	11 .7	11 .5	11 .1	10 .4
Octobre.......	7 .6	9 .7	9 .7	9 .9
Novembre.....	5 .0	7 .0	8 .3	8 .7
Décembre.....	3 .3	4 .9	7 .1	8 .0
Moyennes.....	7°.3	7°.8	7°.9	8°.1

M. Leslie, à qui nous avons emprunté ce tableau après l'avoir toutefois transformé en degrés centigrades, y a joint les remarques suivantes :

La température moyenne du sol paraît diminuer, d'après ces observations, à mesure que l'on s'enfonce ; mais cette anomalie tient évidemment à la froidure (the coldness) des deux derniers étés, et particulièrement à celui de 1816, dont les effets sur les récoltes ont été si pernicieux. Il est très-probable que, si on avait enterré les thermomètres plus profondément, ils auraient donné pour résultat moyen + 8°.7 centigrades ; car telle est la

température invariable d'une source abondante qui sort d'une masse de rochers basaltiques, à peu de distance du jardin de M. Ferguson, et précisément à la même élévation au-dessus de la mer[1].

Maxima et minima de température marqués par ces divers thermomètres.

1816

	Minima.	Époque.	Maxima.	Époque.	Variations totales.
Therm. à 0m.30.	+0°.6	févr.	+12°.2	21 juillet.	11°.6
— 0m.61.	2 .2	4 févr.	11 .7	24 juillet.	9 .5
— 1m.22.	3 .9	11 févr.	11 .1	août et sept.	7 .2
— 2m.44.	5 .6	16 févr.	10 .0	14 sept.	4 .4

1817

	Minima.	Époque.	Maxima.	Époque.	Variations totales.
Therm. à 0m.30	+1°.1	commencement de janvier.	+13°.3	5 juill.	12°.2
— 0m.61	13 .3	commencement de janvier.	13 .3	10 juill.	10 .0
— 1m.22	4 .4	3 février.	11 .1	août et s.	6 .7
— 2m.44	5 .8	11 février.	10 .6	20 sept.	4 .8

Il résulte de ces observations qu'en Écosse, par une latitude de plus de 56°, la gelée ne se fait pas sentir à 0m.30 de profondeur.

Les variations totales de température diminuent, comme on peut voir, fort rapidement à mesure que le thermomètre est enfoncé plus profondément. Quoiqu'

1. Edinburgh, situé par 55° 57' de latitude, a pour température moyenne + 8°.8, d'après six années d'observations faites par M. Playfair.

nous n'ayons pas maintenant sous les yeux les tableaux météorologiques d'Edinburgh pour les deux années qui viennent de s'écouler, on pourra supposer, à en juger par les observations correspondantes de Londres, que le thermomètre à l'air libre et à l'ombre y a varié depuis 13° centigrades jusqu'à + 28°, c'est-à-dire neuf fois plus environ qu'à la profondeur de 2^{m}.44. Par six années d'observations de M. Playfair, la température moyenne du mois le plus chaud à Edinburgh est de + 15°.2 centigrades. Celle du mois le plus froid ne s'élève qu'à +3°.5 ; d'où il résulte que les variations moyennes, à l'air libre, surpassent même les variations extrêmes qu'on observe sous terre, à 0^{m}.91 seulement de profondeur.

Le tableau précédent met en évidence la lenteur avec laquelle la chaleur et le froid se propagent dans une masse terreuse. On remarque aisément, en effet, que les différents thermomètres ont atteint leur maximum à des époques diverses, et d'autant plus tard qu'ils étaient enfoncés plus profondément.

On trouve dans la *Pyrométrie* de Lambert, imprimée à Berlin en 1779, en allemand, des observations fort analogues à celles de M. Ferguson, et qui nous semblent mériter d'être rapportées; elles nous ont été communiquées par M. A. de Humboldt.

Ces observations avaient été faites par M. Ott dans un jardin près de Zurich, en Suisse, et continuées pendant quatre ans et demi, à partir de 1762. On se servait de thermomètres à esprit-de-vin. Le rapport du diamètre du tube à celui de la boule était tel que chaque degré de l'échelle de Micheli Du Crest correspondait à une longueur

de 0m.018 : il résultait de la petitesse du diamètre des tubes que les thermomètres indiquaient à très-peu près la vraie température de la profondeur à laquelle la boule était placée, et sans que les températures particulières aux différentes couches terreuses que le tube traversait avant d'atteindre la surface exerçassent une influence sensible. Chaque thermomètre se trouvait garanti par un tube creux dans lequel il était renfermé : mais l'on peut conclure de ce que dit Lambert dans le § 674 de la *Pyrométrie*, que ces tubes étaient remplis de terre. Nous avons réduit les degrés du thermomètre de Du Crest au thermomètre centigrade.

Profondeur des thermomètres au-dessous de la surface du sol, exprimée en mètres.

Mois.	0m.[illegible]	0m.015	0m.30	0m.61	0m.91	1m.22	1m.83
Janvier.	+ 0°.3	+ 0°.5	+ 1°.6	+ 2°.7	+ 2 .3	+ 4°.8	+ 7°.0
Février.	— 0 .6	0 .2	1 .5	2 .3	2 .8	4 .4	5 .5
Mars...	+ 7 .7	4 .5	5 .0	4 .5	5 .5	5 .0	5 .5
Avril...	11 .7	3 .8	8 .8	8 .1	8 .1	7 .2	7 .2
Mai....	14 .8	13 .3	13 .2	11 .7	11 .6	11 .4	10 .0
Juin...	19 .4	16 .6	16 .1	15 .0	13 .8	13 .2	11 .7
Juillet..	19 .5	17 .7	17 .6	16 .1	16 .1	15 .1	13 .8
Août...	17 .8	17 .2	16 .6	16 .1	16 .3	16 .1	15 .2
Sept...	15 .0	14 .4	15 .0	15 .1	15 .3	15 .2	15 .2
Octobre	10 .6	10 .4	10 .6	10 .5	11 .7	12 .0	13 .4
Nov....	5 .0	5 .6	6 .1	8 .0	8 .8	9 .4	11 .6
Décem.	2 .2	2 .0	2 .7	4 .0	5 .0	7 .2	9 .4
Moyen.	10°.4	9°.3	9°.4	9°.4	9°.7	10°.1	10°.5

On pourra faire sur ce tableau des remarques analogues à celles qui ont été fournies par les observations écossaises, tant sur l'étendue des variations qui diminue avec

la profondeur, que sur les époques des maxima. On verra aussi qu'en faisant abstraction des observations faites très-près de la surface, les températures moyennes ont été d'autant plus grandes que la boule du thermomètre était enterrée plus profondément. Ce résultat est conforme à celui que M. Leslie a déduit de la première table que nous avons rapportée; mais comme ici il résulte de quatre années d'observations, on pourrait croire que le phénomène dépend d'une cause plus générale que ce savant ne l'a supposé.

SUR

L'ÉQUATEUR MAGNÉTIQUE [1]

Tout le monde sait qu'il y a sur le globe terrestre, entre les tropiques, une série de points dans lesquels une aiguille aimantée, librement suspendue par son centre de gravité, se place horizontalement. La ligne qui passe par tous ces points porte un nom particulier. On l'appelle *équateur magnétique*.

Si les navigateurs avaient parcouru cet équateur dans toute son étendue, il ne serait pas plus difficile de le tracer sur les cartes qu'il ne l'est d'y dessiner les côtes de l'Amérique ou de la Nouvelle Hollande, lorsqu'on peut disposer d'une table exacte et détaillée de longitudes et latitudes géographiques. Jusqu'ici, malheureusement, peu de ses points sont susceptibles d'être déterminés par des observations immédiates. Afin d'y suppléer, les physiciens ont cherché dans certaines localités suivant quelle loi l'inclinaison varie à mesure qu'on s'écarte des régions où elle est complétement nulle. Cette loi généralisée leur

1. Rapport lu à l'Académie des sciences dans la séance du 31 janvier 1831, au nom d'une commission composée de MM. Mathieu, de Freycinet, et Arago rapporteur.

sert ensuite à calculer ce dont il faut accroître ou diminuer la latitude et la longitude de toute station où l'on a mesuré la déclinaison et l'inclinaison magnétiques, pour avoir les coordonnées du point correspondant de l'équateur.

Puisque le plus grand nombre des éléments de cet équateur sont déterminés par le calcul, on ne doit point s'étonner que, tout en partant de ces mêmes données, divers physiciens ne soient pas arrivés à des résultats identiques. Les différences sont ici la conséquence nécessaire de la diversité des méthodes d'interpolation adoptées.

Les Mémoires de l'Académie de Stockholm pour l'année 1768 renferment la première carte qu'on ait publiée de l'équateur magnétique. Wilcke, à qui elle était due, donnait à cette ligne la forme d'un grand cercle de la sphère incliné à l'équateur terrestre d'environ 12°.

L'hypothèse du physicien suédois fut généralement admise à cause de sa simplicité. Elle satisfait passablement à l'ensemble des mesures d'inclinaison faites dans l'océan Atlantique; mais elle était complétement en défaut dans quelques parties de la mer du Sud, où, comme M. Biot le remarqua après le retour de M. de Humboldt, les observations directes de Cook et de Bayly placent l'équateur magnétique par plus de 3° de latitude sud, tandis que sur la carte suédoise on le trouve au contraire à près de 9° de latitude nord.

Cet essai malheureux des conceptions théoriques dut convaincre les physiciens que le seul moyen de tracer avec quelque certitude la ligne sans inclinaison, était, comme nous l'avons dit plus haut, de prendre une à une les

observations magnétiques faites entre les tropiques et d'en déduire par interpolation les points de la courbe cherchée.

Telle est, en effet, la marche qu'adopta M. Hansteen. C'est ainsi qu'il construisit l'équateur magnétique qu'on trouve dans la 7e planche du grand atlas publié à Christiania en 1819.

Parmi les observations dont le savant norvégien tira parti, l'une des plus précieuses est celle que fit le capitaine Cook à l'île de Noël, le 1er janvier 1778; mais par une faute de copie, l'inclinaison ayant été marquée du signe sud, tandis qu'elle est boréale, cette erreur sur la carte de M. Hansteen donna à la courbe sans inclinaison une forme très-défectueuse dans presque toute l'étendue de l'océan Pacifique.

Tel était l'état imparfait de nos connaissances à l'égard de ce point important de géographie physique, lorsque M. Morlet présenta à l'Académie, en 1819, un Mémoire qu'elle honora de son approbation, sur le rapport de M. Biot. L'auteur y discutait avec le plus grand soin toutes les observations magnétiques qui semblaient propres à déterminer des points de l'équateur, et les y ramenait par le calcul à l'aide d'une formule dont il n'indiquait pas la source, mais que MM. Bodwich, Molweide et Kraft avaient déjà publiée et d'après laquelle la tangente de l'inclinaison est égale au double de la tangente de la latitude magnétique. M. Morlet trouvait ainsi que l'équateur magnétique n'est pas un grand cercle de la sphère, mais bien une courbe à double courbure. Il faisait connaître ses principales inflexions, il déterminait la situation

de ses trois nœuds et les méridiens sous lesquels sa distance à l'équateur terrestre est un maximum.

Bientôt après la publication du rapport de M. Biot, averti de l'erreur de signe qu'il avait commise, M. Hansteen reprit son premier travail et donna, dans le Journal de Gilbert, une seconde figure de l'équateur magnétique qui diffère encore à quelques égards de celle du physicien français.

Aujourd'hui, dans le Mémoire soumis à notre examen, M. Morlet s'est de nouveau proposé de tracer le même équateur, mais en s'appuyant seulement sur les nombreuses et excellentes observations du capitaine Duperrey faites pendant la circumnavigation de *la Coquille*[1] dans les années 1822, 1823, 1824 et 1825, et sur trois inclinaisons mesurées par le capitaine Sabine à l'île de Saint-Thomas, à l'Ascension et à Bahia. La méthode de calcul est d'ailleurs, de point en point, celle qu'il avait déjà employée en 1819.

Dans ses premières recherches, M. Morlet signalait déjà un mouvement de translation de l'équateur magnétique comme le moyen de concilier les observations de Lacaille avec celles de Baily. Mais du temps de notre célèbre astronome, personne n'avait encore songé à renverser les pôles pour reconnaître si l'aiguille était bien équilibrée. On peut, d'ailleurs, affirmer que la boussole de Lacaille renfermait quelque défaut caché; car, au nord

1. Voir le rapport fait par M. Arago sur le voyage de *la Coquille*, t. IX des *Œuvres*, p. 187 à 196. — Voir aussi la Notice sur le *magnétisme terrestre*, t. I[er] des *Notices scientifiques*, t. IV des *Œuvres*, p. 514.

de l'équateur magnétique, elle accusait toujours la même inclinaison dans un azimut donné, quelle que fût celle de ses faces qui se trouvât tournée vers les régions boréales, tandis que de l'autre côté de cette ligne, lorsqu'on faisait tourner l'instrument sur lui-même d'une demi-circonférence, l'inclinaison changeait quelquefois de 3°.

Nous ne savons pas si, en 1819, M. Morlet avait été frappé du doute que nous venons de signaler, mais toujours est-il qu'il ne présenta l'hypothèse d'un mouvement de translation de l'équateur magnétique qu'avec une juste défiance. Cette hypothèse a été pour la première fois discutée en détail dans le rapport que l'Académie entendit, le 22 août 1825, sur le voyage du capitaine Duperrey (voir t. IX des *Œuvres*, p. 187). Alors on fit remarquer qu'entre 14° et 27° de longitude occidentale, la ligne sans inclinaison, depuis l'année 1780, s'était rapprochée de l'équateur terrestre d'environ 1° 3/4 ; que, près de la côte occidentale d'Amérique, le mouvement semblait s'être opéré en sens contraire, c'est-à-dire du nord au midi, et n'avoir été que de 1°; qu'aux Carolines et sous le méridien des Mulgraves, l'équateur magnétique, par une marche dirigée du midi au nord, s'écartait de l'équateur terrestre; que ces mouvements, en apparence si contradictoires, s'expliquent bien, du moins quant à leurs signes, par la supposition que, d'année en année, l'équateur s'avance progressivement et en totalité de l'orient à l'occident; que, pour rendre compte de la valeur numérique des variations observées dans la latitude, sans supposer un changement de forme dans l'équateur, il

fallait admettre qu'en 45 ans ce déplacement longitudinal s'était au moins élevé à 10°; que ce résultat enfin n'avait rien d'improbable, puisque, par exemple, le nœud africain de MM. Hansteen et Morlet était, en 1780, de 13° plus oriental que celui qui se déduisait d'une observation faite en 1822 à l'île portugaise de Saint-Thomas par le capitaine Sabine. Le rapport signalait enfin dans l'équateur magnétique des changements possibles de forme, comme méritant au plus haut degré de fixer l'attention des physiciens. Telle est, en effet, maintenant la question principale que l'auteur du Mémoire a eue en vue.

En comparant l'équateur de 1780, résultant de ses premières recherches, à celui de 1825, conclu des observations du capitaine Duperrey, M. Morlet trouve encore qu'en général la courbe s'est transportée de l'orient à l'occident; mais il ajoute que ce simple déplacement ne suffit pas pour rendre un compte exact des phénomènes, et qu'il faut admettre de plus des altérations réelles dans la forme. Ces altérations présentaient cela de bizarre qu'elles ne se seraient pas effectuées partout dans le même sens; qu'ici certaines parties de l'équateur auraient marché du midi au nord et ailleurs du nord au midi. Ainsi, suivant l'auteur, dans l'océan Atlantique, une portion de l'équateur magnétique qui est parallèle à l'équateur terrestre se trouverait aujourd'hui, comme en 1780, comprise entre le 10e et le 16e degré de longitude ouest, mais elle aurait avancé du midi au nord avec une vitesse annuelle de 3′.6.

La latitude maximum australe, dans le même Océan, se serait affaiblie annuellement depuis 1776 d'environ 2′,

et le méridien où on l'observe aurait marché de l'est à l'ouest en 46 ans de près de 22°.

Près de la côte du Pérou, un arc de la courbe sans inclinaison qui est parallèle à l'équateur terrestre marche, suivant M. Morlet, de 2'.3 par an vers le sud, et un second arc plus occidental, dirigé également de l'est à l'ouest, s'avance aussi vers le pôle sud avec une vitesse annuelle de 3'.

Depuis 1780, le nœud situé près des côtes d'Afrique aurait tous les ans rétrogradé de 19'.5, tandis que le nœud placé dans le grand Océan se serait maintenu au même degré de longitude.

Tous ces résultats sont la conséquence immédiate et arithmétique des nombreux tableaux que le Mémoire de M. Morlet renferme; mais pour leur donner une entière certitude, n'aurait-il pas été nécessaire de rechercher avec soin entre quelles limites d'exactitude les observations de Cook et de Baily, qui servent aujourd'hui de point de départ, ont pu assigner la place des diverses parties de l'équateur magnétique de 1780? Cette exactitude est-elle aussi grande qu'on le suppose? Ne voyons-nous pas les observations de l'île de l'Ascension faites par le capitaine Sabine différer de 3° 1/2 de celles de M. Duperrey? Le travail si remarquable de notre habile navigateur n'offre-t-il pas des inclinaisons de l'aiguille présentant tous les caractères de la précision, et qui assignent, quand on les calcule, à des points presque contigus de l'équateur magnétique des latitudes, dont la différence s'élève à 1°.5 et même à 2°.2? L'accord des résultats partiels d'un même observateur ne pourrait pas d'ailleurs être invoqué

ici, car jamais les erreurs constantes ne jouent un plus grand rôle que dans les boussoles d'inclinaison.

Dans le Mémoire de 1819, le tracé de l'équateur magnétique près des côtes du Pérou repose presque entièrement sur des observations de M. de Humboldt. Personne assurément ne mettra en doute l'habileté de notre illustre confrère; personne ne connaît mieux que nous tout ce qu'il apporte d'adresse, de soin, de persévérance et d'attention dans ce qu'il entreprend; mais, puisqu'il ne changeait pas les pôles de son aiguille, il fallait, avant d'employer comme terme de comparaison les résultats que cette aiguille a donnés, ou prouver qu'aucun défaut d'équilibre ne les altérait, ou déterminer à combien s'élevait l'erreur dans chaque latitude.

Puisque nous venons de parler de cette portion de l'équateur magnétique qui longe l'équateur terrestre dans la mer du Sud, il nous sera peut-être permis d'élever quelques doutes concernant les résultats que, dans ces parages, fournit la méthode d'interpolation adoptée. M. Morlet établit, il est vrai, que sur le méridien des îles Sandwich, entre l'équateur et cet archipel, la tangente de la latitude est assez exactement la moitié de la tangente de l'inclinaison, mais que, dès que la loi n'est plus vraie au sud, toute généralisation semble devoir être interdite, même pour la région boréale. Ne suffit-il pas, d'ailleurs, de jeter un coup d'œil sur ces courbes rentrantes et fermées, sur ces espèces d'ellipses immenses, situées à quelque distance des côtes occidentales de l'Amérique et le long desquelles on trouve constamment la même déclinaison, pour reconnaître que, sous le rapport du magnétisme, c'est là

un monde à part, dont l'exploration exigera des méthodes spéciales. Le navigateur qui, en partant de Payta, s'avancera jusqu'au 180e degré de longitude occidentale sans quitter l'équateur magnétique, rendra certainement un grand service à la science.

Quoique, à notre avis, lorsqu'on a remarqué les évidentes altérations que les lignes d'égale déclinaison éprouvent annuellement sur le globe, on ne puisse guère douter qu'il s'opérera aussi à la longue des changements de forme notables dans l'équateur magnétique, nous avons cru devoir signaler quelques lacunes dans les preuves qu'en donne M. Morlet. Hâtons-nous maintenant d'ajouter que le travail de ce physicien nous semble néanmoins très-digne d'estime, que les nombreux calculs qu'il a nécessités paraissent faits avec beaucoup de soin et par des méthodes bien choisies ; que, sauf un peu d'arbitraire dans la formation des groupes dont les moyennes sont déduites, les divers résultats se trouvent habilement classés. Nous proposerons donc à l'Académie d'approuver le Mémoire dont nous venons de rendre compte, et de le faire imprimer dans le Recueil des savants étrangers. Nous demanderons en second lieu qu'elle veuille bien inviter ses secrétaires perpétuels à choisir parmi les observations magnétiques qu'ils reçoivent de temps en temps toutes celles qui semblent propres à déterminer des points de la ligne sans inclinaison et à les adresser sans retard à M. Morlet. La constance avec laquelle ce physicien laborieux s'est occupé de la même question pendant douze années, l'excellent parti qu'il a déjà tiré des observations imprimées ; le peu de moyens qu'il doit trouver dans sa position actuelle

pour se tenir au courant des travaux des navigateurs modernes, justifieront suffisamment notre proposition. Sans cela nous n'eussions pas manqué de remarquer qu'il est de l'intérêt des sciences d'encourager les hommes spéciaux, et d'introduire de plus en plus dans le vaste champ qu'elles embrassent ce principe fécond de la division du travail auquel l'industrie est redevable des immenses progrès qu'elle a faits de nos jours.

OBSERVATIONS

D'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

[M. Arago a laissé un registre contenant des observations journalières, faites en 1829, 1830 et 1837 sur l'électricité atmosphérique. Ces observations sont restées inédites. Leur dépouillement présente les résultats suivants.

Les observations de 1829 et de 1830 sont entièrement écrites de la main de l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences; elles sont au nombre de 2,047 : elles ont commencé le 1er octobre 1829 et elles ont duré jusqu'au 27 juillet 1830 ; elles se répartissent ainsi :

Mois.	Nombre de jours d'observations.	Nombre d'observations.	Nombre moyen d'observations par jour.
Octobre 1829.........	22	335	15
Novembre............	30	324	11
Décembre............	18	154	8
Janvier 1830.........	3	15	5
Février..............	28	134	5
Mars................	30	302	10
Avril................	30	215	7
Mai..................	27	268	10
Juin.................	29	182	6
Juillet..............	20	118	6
Totaux...........	237	2047	

Le nombre moyen des observations par jour est de 8.6; plusieurs fois M. Arago en a inscrit plus de trente.

L'ensemble des observations démontre que la quantité d'électricité contenue dans l'air est extrêmement variable suivant la saison, l'heure de la journée et suivant la température et l'état hygrométrique de l'air. Cependant, dans les circonstances ordinaires, il existe une certaine régularité dans les variations diurnes et dans les variations annuelles. En général, l'atmosphère est électrisée, et l'électricité qu'elle présente est positive; ce n'est qu'exceptionnellement que se montre l'électricité négative. Ce résultat est mis en évidence par le tableau suivant où l'on a compté le nombre d'observations où les instruments n'indiquaient aucune trace d'électricité, celui des observations où ils constataient l'électricité positive, et enfin le nombre de fois où l'électricité négative a été observée :

Mois.	Nombre des observations où il n'a pas été constaté d'électricité.	Nombre d'observations où il a été constaté de l'électricité positive.	Nombre d'observations où il a été constaté de l'électricité négative.	Nombre total des observations.
Octobre 1829..	109	212	14	335
Novembre.....	102	211	11	324
Décembre.....	67	87	0	154
Janvier 1830 ..	2	13	0	15
Février	74	60	0	134
Mars..........	59	242	1	302
Avril	112	93	10	215
Mai...........	66	195	7	268
Juin..........	84	83	15	182
Juillet	76	76	0	118
	717	1272	58	2047

Il résulte de ce tableau que, sur un nombre total de

1,000 observations, il y en a eu 621 d'électricité positive, 350 sans électricité et 29 d'électricité négative.

Dans presque tous les cas l'électricité négative s'est manifestée ou avant, ou pendant, ou après des orages et des pluies; quelquefois le phénomène s'est produit avec une grande intensité. Il est arrivé plusieurs fois que la nature de l'électricité changeait d'une manière presque continuelle. Ainsi on lit dans le registre, à la date du 20 mai 1830 : « étincelles de plusieurs lignes de longueur; le signe change à chaque instant, averse, tonnerre. » A la date du 6 octobre 1829, au moment d'une forte pluie, le registre constate qu'entre deux observations faites à $11^h\ 57^m$ et midi 5^m « le passage du positif au négatif s'est fait instantanément. » L'électricité négative dure rarement longtemps; cependant, à la date du 11 mai 1830, M. Arago constate « une forte électricité négative qui a persisté même après la cessation de la pluie ; » cette note est placée entre deux observations d'électricité négative faites la première à $1^h\ 15^m$ du soir, et l'autre à $8^h\ 25^m$.

L'électricité ne s'est pas montrée tous les jours ; les jours couverts, surtout vers le solstice d'hiver, il était presque impossible d'en découvrir des traces. Dans les observations faites par M. Arago, elle a paru augmenter depuis le mois de janvier jusque vers l'équinoxe du printemps, diminuer ensuite jusque vers le solstice d'été, augmenter de nouveau vers l'équinoxe de l'automne pour diminuer sensiblement vers la fin de l'année.

La disposition des appareils employés n'est pas décrite dans le registre de M. Arago ; on voit seulement par des

détails donnés sur quelques observations que l'on se servait d'un électromètre condensateur à piles sèches dont l'intervalle entre la position d'équilibre de la feuille d'or et les pôles des piles était divisé en millimètres. Un fil conducteur mettait en communication le chapeau d'un paratonnerre extérieur avec le condensateur de l'électromètre; le même fil communiquait avec un petit électromètre, avec un galvanomètre et avec une balance de torsion qu'on consultait quelquefois.

Les mesures de quantité n'ont été prises exactement et avec une grande régularité que pendant les mois de février, mars, avril, mai, juin et juillet 1830.

Il résulte de ces mesures que l'électricité, en l'absence de toutes circonstances perturbatrices a présenté chaque jour deux minima et deux maxima. Durant le mois de mai, ces phénomènes se sont manifestés très-régulièrement ainsi qu'il suit :

1er minimum.............	2 heures après minuit.
1er maximum............	7 à 8 heures du matin.
2e minimum.............	1 à 2 heures après midi.
2e maximum.............	8 à 9 heures du soir.

L'intervalle de temps qui a séparé les deux maxima a diminué quand les jours étaient plus courts, de telle sorte que, pendant l'hiver, le premier maximum a eu lieu entre 9 et 10 heures du matin, et que le second maximum s'est présenté entre 6 et 7 heures du soir.

En prenant pour chaque jour la moyenne entre le plus grand maximum et le plus petit minimum, et en déduisant des chiffres obtenus des moyennes mensuelles, on trouve les résultats suivants :

	Déviations moyennes de la feuille d'or de l'électromètre.
	mill.
Février 1830	3.445
Mars	6.052
Avril	1.894
Mai	5.715
Juin	4.622
Juillet	4.740

Les observations journalières indiquent un rapport remarquable entre l'intensité de l'électricité et l'état du ciel : l'électricité s'est montrée faible et souvent presque insensible par les temps couverts ; sous l'action du soleil elle a été beaucoup plus forte.

Les premières observations faites par M. Arago ont été très-détaillées, ainsi qu'il résulte de la transcription suivante des journées des 1er, 2 et 3 octobre 1829 :

1er *octobre* 1829.

7h matin. Des traces à peine sensibles d'électricité positive.

7 15m *Id.* mais plus qu'à 7 heures.

8 Électricité sensible, mais en 1 minute, la feuille métallique ne parcourt pas la moitié de l'intervalle qui la sépare du pôle de la pile.

8 15m Un peu moins d'électricité qu'à 8 heures.

9 L'électricité a peut-être diminué un peu depuis 8 heures 3/4.

10 15m A peine aperçoit-on un petit mouvement dans la feuille.

11 15m Plus faible encore qu'à 10 heures un quart.

Midi 15m Je ne crois pas que l'électricité ait diminué depuis 11 heures 1/4.

Midi 45 Plus qu'à midi 1/4.

2h 30m Forte électricité. En 3s la feuille va toucher la pile.

3 Électricité assez forte. Environ 20s pour que la feuille aille toucher la pile.

4h soir. Forte électricité. Environ 7s pour que la feuille aille au contact.

5 La feuille va au contact en 3s ou 4s.

6 30m La feuille va au contact en moins de 2s.

7 La feuille va toucher la pile en moins de 1s.

8 La feuille va toucher la pile en 3s.

8 30m La feuille ne parcourt même plus la moitié de l'intervalle qui la sépare du pôle.

9 Mouvements très-faibles.

10 Il n'y a plus d'électricité sensible.

11 *Id.*

2 octobre.

0h Quelques traces.

1h matin. La feuille touche la pile en 0s.5 environ.

2 15m Il n'y a aucune trace d'électricité.

3 0 Mouvements très-faibles.

4 0 Rien de sensible.

5 0 Quelques mouvements.

5 55 En 20s le 5e ou le 6e de la distance.

6 30 Pluie. En 0s.5 au pôle opposé à celui de droite; étincelles; électricité négative.

6 45m *Id.* En 0s.1 au pôle opposé; étincelles visibles; négatif.

7 0 *Id.* En 0s.33 au premier pôle, celui de gauche; étincelles visibles; positif.

7 20 Aucune électricité sensible.

8 0 Aucune trace.

9 0 Très-forte électricité négative, ordinairement; mais il se fait des passages brusques (en 0s.1) d'un négatif très-fort à un fort positif.

9 20 Négatif très-fort (pile de droite); étincelles.

10 0 Des traces à peine sensibles d'électricité positive.

11 0 Quelques traces d'électricité positive, très-changeante.

11 30 *Id.* *Id.*

11 45 Électricité positive plus sensible (pile de gauche).

Midi.	Un peu d'électricité positive (pile de gauche).
Midi 35m	Pas de mouvement appréciable.
1h 0	*Id.*
1 45	Rien.
2 30	Quelques traces d'électricité positive.
3 0	Très-légères traces d'électricité positive.
5 0	Traces sensibles d'électricité positive.
6 30	La feuille va toucher le pôle en 20s.
7 0	La feuille va toucher le pôle en 5s.
11 0	La feuille parcourt en 8 à 10s le 5e de la course; elle se porte vers le pôle de gauche.

3 *octobre.*

0h 0m	La feuille parcourt environ le tiers de la distance totale en 5 à 6s; même signe d'électricité.
6 30	A peine des traces.
7 15	La feuille atteint la pile de gauche d'abord en 5s, ensuite en moins de 4s.
7 40	La moitié de l'intervalle en 14 à 15s.
8 30	Contact à gauche en 5s.
8 50	Contact en 2s.
9 30	Contact en 5s.
10 0	Contact en 14s (pile de gauche).
11 15	La feuille en 30s va toucher la pile de gauche.
Midi 20m	Très-faible (positif).
1h 15m	Faible (positif).
3 0	Feuille au contact en 18s (positif).
5 0	La feuille va à peine au contact en 60s (positif).
5 45m	En 1m la feuille parcourt la moitié de l'intervalle (positif).
7 0m	Très faible, quoiqu'on aperçoive des éclairs au nord-est. (positif)

Dans les observations faites postérieurement, l'état du

ciel et la direction du vent sont indiqués ; voici un exemple de la manière dont elles sont disposées :

21 *mars* 18[illegible]0.

		mill.		
0h 0m	matin	+ 2.80	serein.	O.-N.-O.
0 15	*Id.*	+ 1.50	*Id.*	*Id.*
0 30	*Id.*	+ 1.20	*Id.*	*Id.*
1 0	*Id.*	+ 0.95	éclaircies.	*Id.*
2 0	*Id.*	+ 0.10 à peine sensible,	couvert.	*Id.*
3 0	*Id.*	+ 0.10 à peine	*Id.*	*Id.*
4 0	*Id.*	+ 0.00	*Id.*	*Id.*
5 0	*Id.*	+ 0.00	*Id.*	*Id.*
6 0	*Id.*	+ 0.00	*Id.*	O.
7 0	*Id.*	+ 0.05	*Id.*	*Id.*
7 25	*Id.*	+ 0.35	*Id.*	*Id.*
7 30	*Id.*	+ 0.10	*Id.*	*Id.*
7 45	*Id.*	+ 0.30	*Id.*	*Id.*
8 0	*Id.*	+ 0.10	*Id.*	*Id.*
8 15	*Id.*	+ 0.90	*Id.*	*Id.*
8 30	*Id.*	+ 1.10	*Id.*	*Id.*
8 45	*Id.*	+ 1.50	*Id.*	*Id.*
9 0	*Id.*	+ 1.60	*Id.*	*Id.*
10 0	*Id.*	+ 8.00	*Id.*	O.-N.-O.
11 0	*Id.*	+20.50	nuageux, soleil.	O.
Midi 0	*Id.*	+ 9.00	quelq. pet. éclaircies.	O.-N.-O.
Midi 20	*Id.*	+10.50	*Id.*	*Id.*
1h 0m	soir	+10.60	couvert.	*Id.*
1 30	*Id.*	+ 8.25	*Id.*	*Id.*
2 0	*Id.*	+ 6.50	*Id.*	N.-O.
2 30	*Id.*	+12.00	quelq. pet. éclaircies.	O.-N.-O.
3 0	*Id.*	+14.35	*Id.*	O.
4 10	*Id.*	+ 9.50	quelques éclaircies.	*Id.*
5 0	*Id.*	+20.00	quelq. pet. éclaircies.	*Id.*
6 0	*Id.*	+ 6.75	couvert.	*Id.*
7 0	*Id.*	+15.50	*Id.*	*Id.*
8 0	*Id.*	+ 5.30	*Id.*	*Id.*
8 50	*Id.*	+ 8.50	*Id.*	O.-N.-O.

9h 0m matin	+ 6.45	couvert.	O.-N.-O.
9 15 *Id.*	+ 7.15	*Id.*	*Id.*
10 0 *Id.*	+ 5.35	*Id.*	*Id.*
11 0 *Id.*	+ 8.10	*Id.*	*Id.*

Nous ne reproduirons maintenant que les notes du registre relatives à des circonstances exceptionnelles.

8 *octobre* 1829.

1h 30m soir. Rien. Quelques petites éclaircies. N.-N. O, excessivement fort.

2 0 +; sensible, mais variable; je n'ai pas remarqué que dans l'intervalle de deux bouffées l'électricité fût ou plus ou moins forte, régulièrement, qu'au moment où le vent soufflait avec la plus grande violence.

4 45 +; extrêmement faible et variable. Quelques nuages; soleil. N.-O, assez fort.

5 20 +; le contact a lieu en 4s.5, mais l'oscillation ne se fait pas très-régulièrement; dans sa marche vers le pôle, on voit parfois la feuille s'arrèter et même rétrograder un peu durant une fraction de seconde. Nuages à l'est; soleil. O, assez fort.

7 5 +; la feuille d'or parcourt en une très-petite fraction de seconde le cinquième environ de l'intervalle qui la sépare du pôle; ensuite elle s'arrête et ne bouge plus. Ciel serein; lune. O, assez fort.

8 15 +; comme tout à l'heure; le fil me paraît se charger au maximum en une fraction de seconde. Il y a un peu moins d'électricité qu'à 7h 15m. Quelques nuages; lune. O.-N.-O, assez fort.

11 10 Rien. Serein; lune. N.-O.

5 *novembre* 1829.

5h 0m soir. +; contact en 2 secondes. Serein; lune. N.-O.

6 45 +; contact en 0s.5; on sent une étincelle piquante quand on prend le fil; on la voit dans l'obscurité. Parfaitement serein; lune. N.-O.

8h 0m +; contact en 0s.8; on sent et l'on voit les étincelles. Parfaitement serein; lune. N.-O.

9 0 +; contact en 0s.8; on sent et l'on voit les étincelles. Parfaitement serein; lune. N.-O.

6 *novembre* 1829.

4h 45m soir. +; très-faible. Nuages; lune. S.-O.

6 15 +; contact en 1 seconde; on voit l'étincelle dans l'obscurité. Légers nuages; lune. S.-O.

8 45 +; contact en 1s.5. Je ne vois plus d'étincelle. Légers nuages; lune. S.-S.-O.

12 *novembre.*

6h 45m soir. +; des traces à peine sensibles. Couvert. O.-S.-O.

9 40 +; des traces à peine sensibles; et cependant j'ai vu un brillant éclair au moment de l'observation. Couvert. O.-S.-O.

16 *novembre.*

Midi 0m. Rien. La feuille oscille, ce qui semble montrer que le vent enlève l'électricité à mesure qu'elle se dépose. Éclaircies. N.-N.-E, très-fort.

1h 0m soir. +; contact en 1s.5. Nuageux; soleil. N.-N.-E, très-fort.

1 20 +; contact en 4s.0. Très-nuageux. N.-N.-E, très-fort.

1 50 +; faible. Éclaircies. N.-N.-E, très-fort.

7 15 +; contact en 0s.8; on voit l'étincelle, mais on ne la sent pas. Serein. N.-N.-E, très-fort.

17 *novembre.*

10h 15m mat. +; contact en 1s.5. Serein; soleil. N.-N.-E.

Midi 0m. +; contact en 20 secondes. La feuille avance et recule sans cesse; elle n'arrive au contact que par une suite d'oscillations. Quelques nuages; soleil. N.-N.-E, très-fort.

1h 0m soir. +; très-faible (feuille oscillante). Quelques nuages, soleil. N.-N.-E, très-fort.

1 30 +; contact en 4 secondes. Nuageux. N.-N.-E très-fort.

18 *novembre.*

Midi 0^m. +; contact en 2 secondes. Nuageux; soleil. E.-N.-E.

6^h20^m soir. +; contact en $0^s.6$; je vois, j'entends, mais je ne sens pas l'étincelle. Serein; soleil. N.-E.

22 *novembre.*

Midi 45^m. Rien. Quelques éclaircies. S.-S.-E.

4^h30^m soir. —; très-sensible. (En prenant le fil ou en touchant le condensateur avec la main, on ne le décharge qu'en partie.) Pluie. S.-O.

6 45 —; des traces. Pluie. S.-O.

8 45 Rien. Quelques nuages. S.-O.

1er *décembre.*

10^h0^m mat. +; contact en 8 secondes. Serein; soleil. E.

Midi 0^m. +; contact en 1 seconde. Nuageux; soleil. E.

Midi 15 La feuille oscille au milieu de la position naturelle. Nuageux; soleil. E.-S.-E.

Midi 50 La feuille oscille de même. Légers nuages; soleil. E.-S.-E.

1^h0^m soir. +; contact en 4 secondes. Légers nuages; soleil. E.

1 30 +; contact en 1 seconde. Légers nuages; Soleil. E.

6 *décembre.*

11^h45^m mat. +; contact en 2 secondes. Serein; soleil. N.-E.

Midi 0^m La feuille oscille. Serein; soleil. N.-E.

Midi 17 +; contact en 3 secondes. Serein; soleil. N.-E.

Midi 35 +; contact en 4 secondes. Serein; soleil. E.-N.-E.

1^h5^m soir. +; contact en $2^s.8$. Serein; soleil. E.-N.-E.

1 20 +; contact en $2^s.5$. Serein; soleil. N.-E.

1 35 +; contact en 2 secondes. On sent distinctement de petites étincelles en touchant le fil. Serein; soleil. E.-N.E.

2 50 +; contact en $0^s.3$. Étincelles assez vives quand on touche le fil. Serein; soleil. E.

7h 0m +; contact en 1 seconde. Le fil reste un peu chargé quand on le prend avec les doigts. Serein; lune. E.-N.-E.

9 30 +; contact en $0^s,7$. On voit les étincelles dans l'obscurité. Serein; lune. E.-N.-E.

10 *avril* 1830.

Midi 20m. 0.00. Pluie, éclaircies. S.-O. fort.

1h 0m soir. —; étincelles; la paille touche. Éclaircies. S.-O, fort.

1 20 —; étincelles très-fortes. Le fil se décharge dans l'air avec un fort sifflement. Éclaircies. S.-O.

6 20 +; étincelles; contact des parois en 3 secondes. Pluie. O.

11 *avril*.

Midi 0m. 0.00. Couvert. S.-O. très-fort.

1h 25m soir. —; étincelles très-fortes; en une fraction de seconde, le fil se charge et se décharge tout à fait. Pluie. O.-S.-O, assez fort.

2 15 0.00. Couvert. S.-O. très-fort.

6 0 0.00. Pluie. S.-O. très-fort.

19 *avril*.

7h 15m mat. —; étincelles très-vives et éclatantes. Pluie. E.

7 35 —; un peu moins forte qu'à 7h 1/4. Pluie. E.

8 0 +; la paille va toucher la cage. Pluie. N.-N.-E.

8 20 —; étincelles. Pluie. N.-N.-E.

8 35 +; forte. Pluie. E.-N.-E.

9 0 —; fortes étincelles. Pluie. O.-N.-O.

10 15 —; forte. Pluie. N.-O.

11 30 +; 18.00 très-variable. Pluie. N.-O.

Midi 15 0.00. Couvert. O.-N.-O.

11 *mai*.

Midi 35m. 0.00. Couvert. O.

1h 15m soir. —; contact en $0^s.8$. Pluie. O. (Cette forte électricité

négative a persisté même après la cessation de la pluie.)

8h 25m —; 6.00. Couvert. O.

10 40 0.00. Couvert. O.

17 *mai.*

7h 45m mat. +; petite étincelle; contact en 12 secondes. Serein; soleil. O.-N.-O.

8 5 +; petite étincelle; contact en 10 secondes. Serein; soleil. O.-N.-O.

8 45 +; petite étincelle; contact en 33 secondes. Serein; soleil. N.-N.-O.

Midi 15 +; 0.20; le fil était chargé au point de donner encore une petite étincelle au premier moment. Légers nuages; soleil. N.-N.-E.

1h 15m soir. +; 1.20. Légers nuages; soleil. N.

18 *mai.*

6h 50m mat. +; petite étincelle; contact en 39 secondes. Vaporeux; soleil. N.-N.-O.

7 5 +; étincelle plus forte; contact en 27 secondes. Vaporeux; soleil. N.-N.-O.

7 25 +; étincelle; contact en 11 secondes. Très-vaporeux; soleil. N.-N.-O.

7 45 +; étincelle; contact en 6 secondes. Très-vaporeux; soleil. N.-N.-O.

8 7 +; forte étincelle; contact en 13 secondes. Vaporeux; soleil. N.-N.-O.

9 5 +; forte étincelle; contact en 12 secondes. Légers nuages; soleil. N.-O.

10 10 +; 12.00. Quelque nuages; soleil. N.

20 *mai.*

7h 0m soir. +; 2.35. Quelques petits nuages; soleil faible. E.-N.-E.

10 0 ±; étincelles de plusieurs lignes de longueur; le signe change à chaque instant. Averse, tonnerre. N.

11 5 0.00. Pluie, éclairs. O.-N.-O.

7 *juin.*

$7^h 35^m$ mat. +; très-vives étincelles. Couvert. O.-N.-O.
8 30 —; 2.30 (il pleuvait à $8^h 25$). Quelques éclaircies; soleil faible. E.-N.-E.
Midi 0 0.00 Nuages; soleil. O.

8 *juin.*

8^h 0^m mat. +; 17.00. Très-nuageux; soleil. O.-N.-O.
8 20 +; 16.00. Très-nuageux; soleil. O.-N.-O.
10 40 +; 6.00. Éclaircies. N.-O.
Midi 5 —; 7.00. Quelques petites éclaircies; soleil. O.-N.-O.
Midi 30′ 0.00. Couvert. O.-N.-O.
$6^h 50^m$ soir. +; 22.00. Couvert. N.
10 15 0.00. Quelques petites éclaircies. N.

10 *juin.*

9^h 5^m mat. 0.00. Couvert. O.-S.-O.
10 10 —; 20.00. Couvert. O.-S.-O.
Midi 45 +; étincelles très-vives et continuelles, à 5 millimètres. Écart très-grand. Couvert. O.-N.-O.
1^h 5^m soir. +; comme à $0^h 45^m$. Couvert O.-N.-O.
1 15 +; étincelles un peu moins fortes et moins fréquentes. Écart impossible à mesurer. Pluie. O.-N.-O.
10 30 +; 3.50. Couvert. N.-N.-O.

2 *juillet.*

$10^h 0^m$ mat. +; 0.05. Pluie. S.-S.-O.
Midi 0 +; fortes étincelles; contact dans une fraction de seconde inappréciable. Pluie abondante. S.
Midi 30 0.00. Couvert. S.

Les observations de 1837 sont au nombre de 810 ainsi réparties :

Mois.	Nombre de jours d'observations.	Nombre d'observations.	Nombre moyen d'observations par jour.
Janvier	31	131	4
Février	21	37	1
Mars	29	112	4
Avril	26	76	3
Mai	31	84	2
Juin	28	52	2
Juillet	31	73	2
Août	27	52	2
Septembre	28	59	2
Octobre	20	68	3
Novembre	20	33	1
Décembre	27	33	1
Totaux	319	810	

Le nombre moyen des observations par jour est seulement de 2.5.

Ces observations conduisent à des résultats analogues à ceux qu'ont donnés les observations de 1829 à 1830, en ce qui concerne la rareté de l'électricité négative, mais un peu différents en ce qui est relatif à l'absence plus souvent notée de toute trace d'électricité; elles fournissent les nombres suivants :

Mois.	Nombre des observations où il n'a pas été constaté d'électricité.	Nombre d'observations où il a été constaté de l'électricité positive.	Nombre d'observations où il a été constaté de l'électricité négative.	Nombre total des observations.
Janvier 1837	123	8	0	131
Février	37	0	0	37
Mars	55	52	5	112
Avril	50	24	2	76
Mai	46	35	3	84
Juin	30	21	1	52
Juillet	19	53	1	73
Août	36	16	0	52
Septembre	24	34	1	69

Octobre.......	33	34	1	68
Novembre.....	23	10	0	33
Décembre.....	32	1	0	33
	508	288	14	810
Nombres proportionnels.	627	356	17	1000

Le dépouillement des observations donne d'ailleurs les résultats suivants :

Dans les mois de janvier et de février il n'y a eu presque aucune trace d'électricité dans l'air; le 18 février, en présence d'une aurore boréale, l'électromètre n'a rien indiqué, mais l'atmosphère était très-humide.

Dans le mois de mars, les manifestations de l'électricité ont commencé à être nombreuses; le 22 et le 23 il y a eu des alternatives d'électricité positive et d'électricité négative.

Une diminution de l'intensité électrique a eu lieu en avril.

En mai, les phénomènes électriques ont reparu plus nombreux et plus intenses; le 3, l'électricité est négative pendant une pluie abondante; le 11 et le 19, l'électricité est de nouveau négative; le 14 et le 29, alors qu'il fait du tonnerre dans le lointain, l'appareil donne des étincelles douloureuses; le 29, on entend un sifflement dans le fil conducteur.

En juin, l'électricité a été moins forte qu'en mai; cependant, le 13 juin, l'appareil a donné de vives étincelles, et le 16, il présentait beaucoup d'électricité pendant un orage accompagné d'éclairs, de tonnerre et de pluie, par un vent fort de l'ouest-nord-ouest.

Un redoublement des phénomènes électriques s'est présenté en juillet; le 17, l'appareil donnait des étincelles douloureuses, par un temps couvert, orageux, et un vent d'ouest fort; le 30, l'appareil donnait encore des étincelles pendant un orage qui avait lieu au loin et par un ciel couvert; le 31, l'électricité était négative, par un ciel couvert au nord, mais seulement nuageux au zénith et au sud.

Les manifestations électriques sont plus faibles en août.

Elles redeviennent plus nombreuses en septembre.

Elles se maintiennent en octobre, diminuent en novembre, et deviennent à peine sensibles en décembre.

Le tome Ier des *Notices scientifiques* renferme la grande Notice sur le tonnerre, publiée d'abord en 1838 dans

l'*Annuaire du Bureau des longitudes* et que M. Arago avait revue et refaite en partie en 1852. Nous ajouterons ici les Notes suivantes entièrement écrites de sa main.]

I

LES CORPS DES HOMMES OU DES ANIMAUX FRAPPÉS DE LA FOUDRE SE PUTRÉFIENT-ILS LENTEMENT?

Les anciens admettaient que les corps des hommes et des animaux frappés de la foudre se putréfient promptement.

En mars 1772, le corps d'une personne qui fut tuée par la foudre à Tottenham, Court-Road, ne se putréfia pas plus promptement que ne l'aurait fait dans la même saison le corps d'une personne morte de maladie.

On n'enterra les deux domestiques de M. James Adair, qui furent tués le dimanche 17 septembre 1780 par un coup de foudre (voir la Notice sur le tonnerre, p. 284), que le mercredi suivant. Eh bien, leurs membres, les hommes de l'art en firent la remarque, étaient restés tout aussi flexibles que ceux des personnes en vie.

II

CAS DE GUÉRISON PAR LA FOUDRE

M. Leffers du comté de Carteret (Amérique du Nord), avait eu, au commencement de l'été de 1806, une attaque de paralysie, à la suite de laquelle, entre autres effets plus ou moins fâcheux, la paupière de son œil gauche fut

totalement privée de mobilité, en sorte que cet œil restait constamment ouvert. Le 10 août de la même année, M. Leffers reçut dans sa chambre un coup de foudre qui le jeta sur le carreau. Il ne revint de cet évanouissement qu'après 20 minutes; or, il se trouva que les jambes n'étaient plus faibles et que la paupière paralysée avait repris son état naturel. Il y a plus, M. Leffers qui, avant la catastrophe, lisait et écrivait avec des lunettes, put ensuite s'en passer tout à fait. Ces avantages, toutefois, il ne les acquit qu'au prix d'un commencement de surdité.

Le second volume de l'Académie américaine renferme une Note de M. John Vinall sur des brûlures qui auraient été guéries, dans lesquelles on aurait empêché la formation de toute cloche, en plaçant le membre affecté à une petite distance du conducteur négatif d'une grande machine électrique.

III

PARALYSIE PRODUITE ET GUÉRIE PAR LA FOUDRE

Un fermier qui, en décembre 1752, fut frappé de la foudre près de Ludgvan (Cornouailles), avait complétement perdu l'usage de ses bras. Sa femme, moins gravement atteinte, ne put cependant se servir de ses jambes qu'un jour et demi après l'accident.

Dans le mois d'août 1821, M. Martin Rockwell de Colebrook (Connecticut) reçut dans sa propre maison un violent coup de tonnerre qui lui fit perdre pour quelques minutes tout sentiment. Quand il revint à lui, son bras droit et sa jambe gauche étaient paralysés. Il s'écoula une

heure avant que ces membres ne revinssent à leur état primitif. Voici une circonstance plus remarquable encore : M. Rockwell, âgé de 50 ans, était depuis sa jeunesse atteint d'un asthme si intense que, pendant des mois entiers, il ne pouvait pas coucher dans son lit. A la suite du coup de tonnerre, la maladie disparut tout à fait ou ne laissa plus que des traces à peine sensibles.

IV

ÉLECTRICITÉ DES CORPS ANIMÉS

Les corps animés, sans aucune dissemblance extérieure apparente, sont quelquefois électriques à des degrés très-différents. Le cheval que Tibère montait à Rhodes étincelait quand on le frottait un peu fortement. L'antiquité n'a cité qu'un autre cheval qui se trouvait dans le même cas.

Le père de Théodoric tirait des étincelles de son propre corps en se frottant.

V

CORPS INFLAMMABLES TRAVERSÉS PAR LA FOUDRE SANS PRODUCTION D'INCENDIE

Duhamel rapporte qu'en 1746 le tonnerre étant entré dans le grenier du presbytère de Bouilly transporta l'avoine qui s'y trouvait d'une extrémité du grenier à l'autre.

Le coup de foudre qui, en 1785, jeta à terre trente che-

vaux sur trente-deux dans une écurie de Rambouillet avait auparavant, en traversant le grenier, haché en mille morceaux des pièces de charpente entièrement recouvertes de paille sans laisser sur sa route aucune trace de la plus légère combustion.

VI

INCENDIES CAUSÉS PAR LA FOUDRE QUI NE SE MANIFESTENT QU'APRÈS DE LONGS INTERVALLES

Les coups de tonnerre engendrent des incendies dans les charpentes des édifices, mais il s'écoule parfois un temps fort long entre le coup foudroyant et l'inflammation.

Le 5 de février 1750, le tonnerre tomba sur le clocher de Danbury (Essex), à 3 heures après midi ; l'incendie se manifesta le lendemain entre 4 et 5 heures du matin, c'est-à-dire plus de 13 heures après que les nuages se furent déchargés de la matière fulminante.

VII

COUP DE FOUDRE DANS UN CHAMP DE CHARDONS

Le tonnerre étant tombé le 15 juillet 1804 sur un champ de terre arable pour le moment inculte, dans la paroisse de Biddulph (Staffordshire), brûla toutes les têtes des plus hauts chardons qui se trouvaient enfermés dans un cercle d'environ 18 mètres de diamètre. Au centre de ce cercle, sur une étendue d'environ 3 mètres, l'effet avait

été beaucoup moins prononcé. Les chardons dont la tête ne dépassait pas l'herbe n'éprouvèrent aucun dommage.

VIII

LES COUPS DE TONNERRE AIGRISSENT-ILS LE VIN, LA BIÈRE, LE LAIT?

Sénebier regardait comme possible que les coups de tonnerre aigrissent le vin, la bière, le lait, par une influence mécanique, par une sorte de frémissement que les détonations impriment à l'air et de là aux liquides.

IX

ÉLECTRICITÉ DES LIQUIDES

Des professeurs de physique, M. Boze entre autres, sont parvenus, dans leurs cours, à électriser divers objets et, par exemple, des hommes, jusqu'à la distance de 30 pas, à l'aide d'un jet d'eau électrisé.

Nollet nous apprend qu'il électrisa pendant 5 à 6 heures consécutives diverses espèces de liqueurs, sans les avoir ni aigries ni corrompues. Seulement, leur évaporation s'opéra plus vite qu'elle n'aurait eu lieu sans cela dans un pareil espace de temps.

X

LES NUAGES SONT-ILS PLUS ÉLECTRISÉS EN HIVER QU'EN ÉTÉ?

Les physiciens croient assez généralement que l'électricité est un des principes constituants des nuages. En

hiver, il se forme incontestablement beaucoup plus de nuages qu'en été ; donc la région où les nuages se maintiennent doit être plus riche en électricité dans la première de ces deux saisons que dans la seconde. Mais alors pourquoi les orages, si fréquents en été, sont-ils si rares en hiver?

XI

SUR LA COULEUR DE L'ÉTINCELLE

La couleur de l'étincelle électrique change avec la nature du gaz dans lequel elle éclate. Le gaz restant le même, elle change avec son état hygrométrique et sa densité.

Après cette remarque, qui pourrait soutenir qu'il soit indifférent de noter attentivement la couleur des éclairs.

XII

QUESTIONS DIVERSES

— Est-il jamais arrivé que la foudre ait séparé et dispersé les membres d'un animal, comme il lui arrive de fendre les arbres, de faire sauter les murailles et d'en jeter les débris au loin?

— « Les hommes et les animaux frappés de la foudre ont la tête tournée vers le côté d'où elle est partie. » (*Questions naturelles*, 4. 2. § 31.)

— « Les tonneaux se brisent (par l'action de la foudre) sans que le vin s'échappe, mais la consistance acquise

par le liquide ne dure que trois jours. » (*Questions naturelles*, 4. 2. § 31.)

Il n'est sans doute pas nécessaire d'avertir que les observateurs modernes n'ont rien vu de semblable, mais je dirai que je ne suis pas même arrivé à soupçonner la cause qui a pu induire les anciens en erreur sur le fait, si simple, de l'écoulement ou du non-écoulement d'un liquide.

— « La foudre congèle le vin ! » (Sénèque, *Questions naturelles*, liv. II, § 52.)

Il serait difficile de trouver l'origine d'une pareille opinion, d'une pareille erreur.

XIII

PHÉNOMÈNE PRÉSENTÉ PAR UN LAC

Le 19 juillet 1824, après un orage, les eaux du lac de Massaciuccoli, dans le territoire de Lucques, se colorèrent comme si on y avait dissous du savon ou éteint de la chaux. Elles restèrent dans cet état pendant toute la journée du 20. Le 21, on vit une immense quantité de poissons, grands et petits, morts sur l'eau. Pour prévenir l'infection de l'air, on fut obligé de les faire enterrer.

XIV

EXEMPLE DE CHOC EN RETOUR

Les physiciens savent parfaitement qu'alors même qu'on est situé fort loin du lieu où la foudre éclate, on

peut être gravement blessé ou même tué par suite de l'explosion. Supposons, en effet, qu'un homme se trouve placé verticalement sous l'une des extrémités d'un long nuage électrisé vitreusement et dans sa sphère d'activité, son fluide vitré étant refoulé dans la terre par l'action répulsive de l'électricité du nuage, cet homme sera électrisé résineusement. Qu'une cause quelconque détermine alors la nuée tout entière à se décharger sur la terre par son autre extrémité, à l'instant même, le fluide vitré, ne se trouvant plus repoussé, reviendra du sol dans le corps de l'homme avec une rapidité et une abondance d'autant plus grandes, que l'énergie électrique du nuage avant l'explosion était elle-même plus considérable. Ces mouvements subits du fluide électrique, dirigés de bas en haut, ont été appelés des chocs en retour. La ville de Versailles en a offert, en 1826, un exemple dont M. Demonferrand a fait part à l'Académie. J'extrais les détails suivants de deux lettres de ce physicien :

Le 24 septembre 1826, à 9 heures et demie environ, un violent orage éclatait sur Versailles et sur les campagnes voisines. Un vieillard de soixante-douze ans se dirigeait vers son domicile, lorsque, à peu de distance de l'église de Notre-Dame, un de ces tourbillons, si fréquents dans le voisinage des grands édifices, le força à se retourner un instant. Il se trouva alors avoir le côté droit tourné vers un mur, le long duquel descendait un tuyau métallique destiné à conduire les eaux pluviales jusqu'au niveau du pavé. Dans cette position, ce vieillard éprouva une commotion telle qu'il lui sembla que toute la partie droite de son corps était refoulée brusquement

sur la gauche; en même temps il ressentit une forte oppression et un vertige semblable à l'ivresse. Les suites immédiates de ce choc furent une grande gène dans les mouvements de tout le côté gauche, et une respiration haletante; ce ne fut qu'avec beaucoup de peine, et en se reposant plusieurs fois, qu'il parvint à se traîner à une distance de quatre cents pas environ, dans une maison voisine; là, on reconnut que la langue éprouvait la même difficulté dans les mouvements que tout le côté gauche. Les soins prodigués rendirent à la victime du coup de foudre un calme momentané; la nuit fut passable, et le lendemain matin le malade se trouva à peu près dans son état ordinaire; mais le soir, à l'heure où la commotion avait eu lieu, l'oppression, l'engourdissement et la gêne dans les mouvements reparurent, et il en fut de même jusqu'à la fin de la semaine. Le malade s'étant alors décidé à consulter un médecin, on reconnut tous les symptômes d'une compression sur le cerveau et sur la moelle épinière, d'où était résultée une paralysie incomplète de la langue, du bras gauche et de la jambe du même côté. Cette affection céda en peu de temps aux efforts de l'art, et le malade finit par guérir entièrement, mais la périodicité des accès a eu lieu jusqu'à la guérison.

Eh bien, au même moment où un vieillard était ainsi frappé à Versailles, le tonnerre tombait à une demi-lieue sur la ferme de Gali. Il serait difficile, pour ne pas dire impossible, de constater l'identité du coup qui a incendié la ferme et qui a foudroyé une personne dans Versailles. Néanmoins, on ne pourrait pas attribuer à un choc direct l'accident qui vient d'être décrit, car à l'instant où il se

produisait, l'intervalle entre chaque éclair et l'explosion prouvait que l'orage n'était pas sur Versailles même. Toutefois, par un singulier hasard, M. Demonferrand se trouvait dans une pièce contiguë au tuyau qui paraît avoir servir de route à l'électricité, et ni lui, ni aucune des personnes réunies dans la même pièce n'ont éprouvé la moindre secousse. Dans la maison en face, une malade, que son état aurait pu rendre plus sensible aux actions électriques, n'a également rien éprouvé.

XV

GRÊLE CONTENANT UN NOYAU PIERREUX

Le professeur John, de Berlin, a communiqué à M. de Ferussac l'extrait suivant d'une lettre qui lui a été écrite, en date du 16 septembre 1824, par le Dr Eversmann.

« Quelques jours avant notre arrivée à Sterletamak (à plus de 100 verstes d'Orenbourg), il s'éleva une tempête mêlée de grêle très-remarquable. Les grêlons, assez forts, renfermaient un noyau pierreux et cristallisé. On en a envoyé une trentaine à notre gouverneur, et moi-même j'en ai reçu deux échantillons. Ils sont d'une couleur brune, comme les pyrites aurifères de Beresosvki, en Sibérie. Leur surface est ridée (ratatinée) et éclatante. Le cristal forme un octaèdre aplati, dont les arêtes sont saillantes ou en forme de bordure. Les deux diagonales de la base ont 5 lignes sur 4, et la distance des sommets est de 2 lignes. Quelquefois les quatre angles de la base sont tronqués. Il semble que les parties con-

stituantes de ces cristaux sont du soufre et des métaux. »

Une chose me paraît tout aussi singulière que le phénomène dont on vient de lire la relation : c'est que M. Eversmann n'ait pas jugé nécessaire d'indiquer comment il s'est assuré de sa réalité. Par qui les grêlons ont-il été ramassés ? Ceux dont on a extrait les cristaux étaient-ils par hasard formés de plusieurs grains soudés ensemble ? Serait-il, dans ce cas, extraordinaire qu'on trouvât entre eux de petits fragments de gravier sur lequel ils étaient tombés ? Puisque M. Eversmann ne doute pas que les petits cristaux solides qu'on lui a remis ne se soient trouvés au centre des grêlons, j'ai peine à expliquer comment il n'en a pas fait l'analyse.

D'un autre côté M. Nelioubin annonce qu'au mois de janvier 1825 il tomba dans le même cercle de Sterletamak de la grêle contenant de petites pierres ayant la composition suivante :

Oxyde rouge de fer	70.00
Oxyde de manganèse	7.50
Magnésie	6.25
Alumine	3.75
Silice	7.50
Soufre et perte	5.00
Total	100.00

Il serait bien extraordinaire qu'en un même lieu un tel phénomène se fût présenté deux fois, à des intervalles si rapprochés.

Quoi qu'il en soit, l'étude de la nature des grêlons est un objet de recherches que l'on doit recommander aux observateurs.

XVI

LES PARATONNERRES NE PRÉSERVENT PAS DE LA GRÊLE[1]

Routinier comme un agriculteur était naguère une expression proverbiale admise sans contestation; désormais elle manquerait de vérité. L'extrême répugnance que montraient en général les cultivateurs pour les conseils de la science a fait place, sur plusieurs questions du moins, à une confiance sans bornes, et qui contraste singulièrement avec leurs anciennes habitudes. Quelques physiciens imaginent que la grêle est soutenue dans l'air pendant des heures entières, entre deux couches de nuages plus ou moins distantes, à l'aide de forces électriques : c'est là, suivant eux, ce qui permet aux grêlons d'acquérir, dans certaines circonstances, un volume et un poids considérables. Cette théorie, spécieuse à quelques égards, est sujette, d'autre part, à de graves difficultés qui n'ont pas encore été résolues; au reste, elle serait complétement démontrée, qu'il ne s'ensuivrait pas nécessairement qu'un nombre limité de paratonnerres, la sphère d'activité de ces appareils étant, comme tout le monde sait, renfermée dans des bornes assez étroites, deviendrait un préservatif assuré contre la grêle. En suivant la théorie en question jusque dans ses dernières conséquences, ne trouverait-on pas d'ailleurs que, lorsqu'un orage déjà formé dans les montagnes serait en-

1. Note publiée en 1826 dans les *Annales de chimie et de physique;* quelques parties en ont été reproduites dans la Notice sur la grêle (voir le tome XII des *Œuvres*, p. 538).

traîné par les vents vers la plaine, les champs armés de paratonnerres devraient être les premiers frappés de la grêle, puisque c'est là surtout qu'il s'opérerait des modifications notables dans l'état des forces électriques qui imprimaient aux grêlons des mouvements d'oscillation verticaux? Ces réflexions n'ont pas été accueillies; nos vignes, celles de la Savoie, du canton de Vaud, d'une partie de l'Italie, des jardins situés même dans l'enceinte de Paris, se couvrent de longues perches verticales, établies à grands frais. Les plus habiles placent une pointe aiguë de cuivre au sommet de la perche et un fil métallique qui la lie au sol humide; d'autres conservent la pointe et suppriment le conducteur; ailleurs on n'emploie, par économie, que la perche toute nue; partout, malgré ces différences essentielles, l'appareil réussit également; jamais, assure-t-on, un champ armé de ces moyens préservatifs n'a été grêlé. Vous direz vainement à ceux qui emploient les perches seules, que les arbres beaucoup plus élevés, doivent produire un plus puissant effet, et qu'il grêle toutefois sur les forêts; l'objection leur paraîtra futile. Faites remarquer qu'une pointe de cuivre ne donne aucune nouvelle propriété à la perche qu'elle termine, quand il n'y a pas de chaîne métallique qui la lie au sol humide : on se rira de vos doutes! Adressez-vous enfin à ceux qui construisent l'appareil avec le plus de soin; expliquez leur que, si l'on peut croire à l'efficacité des paragrêles, c'est seulement à la condition qu'ils soient extrêmement multipliés; qu'il est vraiment absurde de prétendre garantir un champ, une vigne avec quelques perches, toutes les fois que les champs ou les vignes

voisines n'en renferment pas; que l'expérience a d'ailleurs prononcé; qu'il grêle fréquemment dans l'intérieur des villes, sur des quartiers abondamment pourvus de paratonnerres, et sur ces appareils eux-mêmes : tous ces raisonnements seront comme non avenus, tant on est disposé à croire ce qu'on désire vivement!

Plusieurs sociétés d'agriculture, celle de Lyon entre autres, demandèrent naguère au ministre de l'intérieur les moyens de tenter une expérience en grand : Son Excellence consulta l'Académie. La section de physique, chargée de l'examen des projets, trouva que les espérances de la réussite qu'on pouvait concevoir d'après les données actuelles de la science étaient beaucoup trop faibles pour qu'il fût convenable de conseiller à l'autorité d'intervenir dans la dépense; la conclusion trouva peu de contradicteurs. Une expérience de cette nature, pour être démonstrative, devrait durer un grand nombre d'années; encore faudrait-il qu'on la suivît sans prévention : or, telle n'était pas certainement la disposition d'esprit des personnes qui demandaient à la faire. C'est là, malheureusement, ce qui rendra les essais dispendieux auxquels on se livre aujourd'hui complétement illusoires. Comment espérer des recensements complets, seul moyen cependant d'arriver à la vérité, lorsque, dans certains cantons que je pourrais citer, le propriétaire n'ose avouer qu'il a été grêlé malgré les perches, qu'après s'être assuré qu'on ne le nommera pas. Ce genre de folie, qu'on me passe l'expression, ne saurait durer bien longtemps; quand il aura disparu, quand les faits favorables ou contraires seront recueillis avec un égal soin, la science de

la météorologie pourra tirer quelque fruit des expériences qu'on a entreprises. Quant aux agriculteurs, ils sont presque désintéressés dans la question ; ils trouveront toujours, en effet, dans les assurances mutuelles ou même dans les assurances à prime, convenablement graduées suivant les contrées, un moyen beaucoup plus économique que les perches de se mettre à l'abri des ravages de la grêle. Les sociétés d'agriculture acquerront des droits incontestables à la reconnaissance publique, lorsqu'elles favoriseront d'aussi utiles établissements ; elles manquent au contraire leur but, en préconisant des moyens préservatifs d'une efficacité au moins très-douteuse, et qui, comparés d'ailleurs aux assurances, n'auront jamais dans la pratique aucune utilité.

Je pense que, sans trop m'écarter de l'objet que j'avais en vue en écrivant cette Note, je puis dire qu'il a grêlé en 1826 sur plusieurs vignobles du Beaujolais, malgré les nombreux paratonnerres qu'on y avait établis, et que, dans la nuit du 22 au 23 juillet, la grêle est également tombée en grande abondance sur les vignobles du canton de Vaud les mieux pourvus des appareils préservateurs.

XVII

DE L'INFLUENCE DES AURORES BORÉALES SUR LES MOUVEMENTS DE L'AIGUILLE AIMANTÉE

Dès le commencement du siècle dernier les physiciens reconnurent qu'il existe une connexion intime entre le magnétisme terrestre et les aurores boréales; mais le seul

fait qui fut établi par les observations consistait en ce que le point culminant de l'arc lumineux de toute aurore est exactement placé dans le méridien magnétique. En 1819, j'ai en outre découvert que toute aurore boréale influe sur les mouvements de l'aiguille aimantée, même dans les lieux où l'aurore n'est pas visible[1]. En 1820, je trouvai que le courant électrique d'une pile produit l'aimantation de l'acier et du fer[2]. En 1824, je constatai les phénomènes du magnétisme de rotation[3]. Il m'est donc permis de dire que mes découvertes avec celles d'Œrsted et d'Ampère ont établi l'identité de la cause des phénomènes magnétiques et électriques et de la cause des aurores boréales. J'ai pu prédire, en conséquence, que les aurores devaient agir sur les télégraphes électriques; le fait fut vérifié en 1847[4]. Je ne démontrai pas seulement que l'aiguille de déclinaison est fortement influencée par les aurores boréales ; j'ai reconnu que l'aiguile d'inclinaison elle-même n'éprouve pas des mouvements moins extraordinaires; mes observations en 1827 ne laissent aucun doute à cet égard[5]. Enfin, rien qu'en regardant dans mon cabinet, le 25 septembre 1827, les agitations inusitées de l'aiguille des variations diurnes, j'ai pu prédire, un peu avant son apparition, la splendide aurore que l'on aperçut dans toute l'Europe. Ce phénomène fut surtout brillant à

1. Voir le t. I[er] des *Notices scientifiques*, t. IV des *Œuvres*, p. 563, 571 et 706.

2. *Ibid.*, p. 409.

3. *Ibid.*, p. 424 à 448.

4. *Ibid.*, p. 705.

5. *Ibid.*, p. 636.

Ostende. La première lueur, dit-on, se fit apercevoir à 11 heures. A minuit, le phénomène était dans son plus grand éclat ; à une heure, il durait encore. La zone claire dont paraissait surmonté le nuage noir qui bordait l'horizon s'élargit graduellement et atteignit le zénith : elle se partagea plus tard en plusieurs bandes ou colonnes, dirigées du nord au sud. Ces bandes, blanchâtres à l'origine, prirent bientôt une couleur de feu très-éclatante, d'abord à l'ouest, ensuite à l'est ; vers minuit, on voyait de temps à autre une lumière ondulante se diriger du nord au sud ; la lumière était aussi vive que celle des éclairs. Ces circonstances, qui se montrent avec des modifications diverses dans toutes les aurores boréales, ne sont nullement expliquées ; tout ce que l'on sait, et je crois avoir le plus contribué à l'établir, c'est que les aurores boréales sont un phénomène électrique, parce qu'elles agissent sur les aiguilles de déclinaison et d'inclinaison, et sur les télégraphes électriques.

XVIII

LES BROUILLARDS SECS N'ONT AUCUNE ACTION SUR L'AIGUILLE AIMANTÉE

Un brouillard remarquable se répandit dans l'atmosphère en août 1821. Il fut observé en Angleterre, dans le comté d'Essex, le 18 au matin, par M. Forster. Le Soleil, affaibli par le brouillard, pouvait, à son lever, être regardé à l'œil nu, et avait une teinte argentée si semblable à celle de la soie vernie que les paysans, à la cam-

pagne, le prirent pour un aérostat. M. Howard observa ce phénomène dans le comté de Sussex, entre 9 heures et 10 heures du matin. A Paris, il se manifesta le même jour, mais seulement sur les 6 heures du soir. A Viviers, en Dauphiné (44° 29′ de latitude), un brouillard analogue, fumeux, blanchâtre, sec, couvrit aussi le ciel le 19 au soir ; le lendemain matin, le Soleil, à son lever, parut blanc et sans éclat ; le soir, cet astre était rouge. Suivant M. Flaugergues, ce brouillard, assez analogue à celui de 1783, ne se dissipa entièrement que le 30 août, à la suite d'une petite pluie.

J'ai pensé qu'il pouvait être utile de faire remarquer ce mouvement dirigé du nord au sud, et en vertu duquel la matière du brouillard ou, si l'on veut, la modification atmosphérique qui lui donnait naissance, paraît s'être transportée d'abord de Londres à Paris, en une demi-journée, ensuite de Paris à Viviers, à peu près dans le même espace de temps.

Le rôle que les physiciens ont voulu faire jouer aux brouillards secs, pour expliquer les phénomènes des aurores boréales, nous imposait l'obligation de rechercher si, à partir du 18 août, la marche de l'aiguille de déclinaison n'aurait pas éprouvé quelque altération notable; mais nous n'avons rien trouvé dans nos registres qui puisse motiver une telle conclusion : durant tout le mois d'août 1821, les changements de déclinaison journaliers ont eu lieu avec une grande régularité.

Le 21 mai 1822, sur les 5 heures du soir, il se répandit tout à coup dans l'air, à Paris, un brouillard d'une nature particulière, et à travers lequel on voyait

le Soleil du rouge le plus vif. Ce brouillard avait une odeur très-prononcée de gaz nitreux. Il fut observé presque au même instant, dans un rayon de 8 à 10 lieues autour de la capitale : il avait partout les mêmes propriétés. Il se dissipa entièrement à Paris vers les 10 heures et demie du soir. Ce brouillard n'a exercé non plus aucune action appréciable sur une aiguille aimantée suspendue à un fil de soie sans torsion.

DE

QUELQUES PHÉNOMÈNES CURIEUX

I

SUR UNE DISPOSITION REMARQUABLE DES NUAGES

Il arrive assez souvent que les nuages paraissent converger vers deux points diamétralement opposés de l'horizon. Ils semblent alors avoir la forme des méridiens que les géographes tracent sur leurs globes. Ce phénomène est très-facile à expliquer : c'est un véritable effet de perspective. M. Harvey l'a observé à Plymouth dans toute sa beauté, à la fin d'octobre 1828, mais avec la circonstance additionnelle et très-remarquable que les deux points de convergence étaient l'un et l'autre dans le méridien magnétique.

II

SUR L'ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE PRÈS DES CASCADES

D'après une opinion généralement répandue parmi les personnes qui visitent le Niagara, l'air situé immédiatement au-dessous de l'arc que forment dans leur chute les eaux du fleuve Saint-Laurent ne jouirait pas exac-

tement d'une élasticité égale à celle des portions de l'atmosphère un peu éloignées. Suivant les uns, l'air est plus dense sous l'arc liquide; d'autres, au contraire, pensent qu'il est plus rare. Des deux côtés, on se fonde sur la difficulté de respirer qu'on éprouve quand on a eu la hardiesse de se placer entre le rocher d'où l'eau se précipite et le pied de la cascade. M. le capitaine Basil-Hall vient de soumettre ces opinions à l'épreuve d'une expérience décisive. Il a mesuré la hauteur barométrique, d'abord loin de la cascade, ensuite, après s'être beaucoup rapproché; une troisième observation a été faite, quelques moments après, au pied même de l'escarpement de rochers que l'eau franchit : partout il a obtenu le même résultat.

Il règne sous la cascade un vent très-rapide qui rend les observations barométriques excessivement difficiles. Ce vent a son origine dans les points de la surface du grand bassin que le fleuve vient frapper au bas de sa chute. M. Hall n'hésite pas à dire que sa violence surpasse beaucoup celle des plus forts ouragans auxquels les marins aient jamais été exposés dans aucune région du globe. Cette circonstance n'étonnera pas ceux qui ont eu l'occasion de remarquer, dans les forges des Alpes ou des Pyrénées, les résultats qu'on obtient par la chute de quelques filets d'eau dans les appareils connus sous le nom de trompes.

Cette Note est l'analyse très-abrégée d'une lettre du capitaine Hall insérée dans l'*American Journal of science*, de janvier 1828.

III

SUR LES CERCLES DES FÉES

Les *fairy rings* des Anglais sont des cercles au milieu desquels l'herbe des prairies ou est beaucoup plus verte et plus haute, ou beaucoup plus chétive que partout ailleurs.

Les campagnards ont cru remarquer qu'un fairy ring à végétation vigoureuse est toujours précédé de l'apparition d'un fairy ring à maigre végétation.

IV

SUR UN PRONOSTIC MÉTÉOROLOGIQUE OBSERVÉ AUX ÎLES SHETLAND

M. Scott, professeur du collége royal et militaire de Sandhurst, assure qu'il a fréquemment observé aux îles Shetland un phénomène dont voici la description :

Il existe, au rez-de-chaussée de la maison de Belmont, une armoire sur la tablette de laquelle on a l'habitude de placer des verres à boire dans une position renversée. Ces verres font quelquefois entendre spontanément des sons semblables à ceux qu'ils produisent, soit quand on frappe légèrement leur surface extérieure avec le tranchant d'un canif, soit quand on les soulève un peu pour les laisser retomber brusquement sur la tablette qui les supporte. Ces sons pronostiquent toujours un coup de vent : aussi ne manque-t-on pas, quand on les a entendus, de mettre les chaloupes, les moissons, etc., en lieu de sûreté. Rien n'annonce de quel rumb le vent soufflera ; mais l'inten-

sité du son paraît toujours liée à celle de la tempête qu'il indique, et qui se manifeste plus tôt ou plus tard, suivant les circonstances, mais généralement plusieurs heures après le son.

M. Scott dit s'être assuré qu'il n'existe aucun mouvement ni dans les verres, ni dans leurs supports, au moment même où ils résonnent le plus fortement. Il paraît disposé à penser, mais sans attacher aucune importance à cette idée, que la cause du phénomène doit être cherchée dans l'électricité.

V

SONORITÉ DE L'AIR

M. Gemmelaro rapporte, dans son Journal, un fait que nous n'osons presque pas transcrire tant il paraît bizarre : il assure que, le 2 juin 1814, l'air, près de Catane, était devenu sonore, jusqu'à produire, par le simple mouvement des doigts, des espèces de sifflements qui même pouvaient être, jusqu'à un certain point, modulés.

VI

DÉTONATIONS EXTRAORDINAIRES DANS L'ÎLE DE MÉLÉDA

L'île de Méléda est située dans la mer Adriatique, à peu de distance de Raguse. Sa longueur, dirigée de l'est à l'ouest, est de 36 kilomètres; elle n'a pas plus de 6 kilomètres dans sa plus grande largeur. Au milieu de l'île est le vallon de Babinopoglie et un village qui en prend le nom; les montagnes environnantes sont assez élevées.

Le 20 mars 1822, vers les 5 heures du matin, on entendit à Babinopoglie, pour la première fois, des détonations semblables à des coups de canon ; elles occasionnèrent un grand tremblement dans les portes et dans les fenêtres du village, quoi qu'elles parussent venir de loin. A partir de cette époque, le phénomène se renouvela chaque jour jusqu'à quarante, cinquante et même deux cents fois. Les coups avaient d'autant plus de force qu'ils étaient plus fréquents. C'est au mois d'août 1823 que les plus violents se firent entendre ; il y avait alors plus de quatre mois qu'il n'était tombé de pluie, ni à Méléda, ni à Raguse, ni dans les provinces environnantes. Ces bruits singuliers paraissaient d'ailleurs n'avoir aucun rapport ni avec les circonstances atmosphériques, ni avec l'état de la mer ; ils se manifestaient tantôt de jour et tantôt de nuit. Aucun phénomène lumineux, aucun tremblement de terre proprement dit ne les accompagna.

Dès l'origine, le *Pretore* de l'île, M. Carlo de Natali, avait aposté des personnes sur les hauteurs, dans la vue de découvrir d'où partaient les détonations ; mais les divers rapports se trouvèrent souvent en contradiction manifeste. Les observateurs crurent quelquefois avoir entendu les coups dans l'atmosphère, au-dessus de leurs têtes.

Le prêteur descendit lui-même dans quelques cavernes souterraines qui existent dans l'île ; tout y était dans un silence absolu. A mesure qu'on s'éloignait de Babinopoglie, le bruit perdait rapidement de son intensité.

Les détonations commencèrent, comme nous l'avons dit plus haut, le 20 mars 1822. Durant un trentaine de

jours, à partir du 10 juillet, on n'entendit rien; mais le 10 août, une explosion subite extrêmement sonore remplit tous les habitants de terreur. Il est remarquable que ce soit précisément à cette époque que la ville d'Alep ait été renversée de fond en comble par un tremblement de terre.

Le 17 du même mois, tous les bruits cessèrent de nouveau; il se renouvelèrent ensuite à plusieurs reprises jusqu'en février 1824. Alors il y eut un silence qui dura sept mois. Les détonations recommencèrent en septembre. et ont continué, mais en s'affaiblissant, jusqu'au milieu de mars 1825.

On a entendu quelquefois en Amérique des détonations analogues à celles de l'île de Méléda; mais elles n'ont eu, en général, qu'une très-courte durée.

Le docteur Stulli, de Raguse, à qui nous avons emprunté les détails qui précèdent, rapporte, dans la lettre manuscrite dont la brochure qu'il nous a envoyée était accompagnée, les explications diverses qu'on a données en Italie du phénomène de Méléda. Suivant les uns, le bruit était le résultat de la chute de gros blocs de pierre qui se détachaient des voûtes de quelques cavernes souterraines; d'autres imaginent qu'il faut en chercher l'origine dans des mouvements subits de la mer vers les mêmes cavernes, etc.

Ces hypothèses sont très-faciles à réfuter. et le docteur Stulli l'a fait avec succès; mais lui-même n'est guère plus heureux dans ses conjectures, lorsqu'il suppose que la détonation résulte du dégagement de bulles de gaz. immenses, élaborées au fond de la mer, et qui en arri-

vant à sa surface, se combinent chimiquement avec l'un des deux éléments de l'air atmosphérique. La bulle, en effet, pour me borner à une seule objection, ne s'échapperait pas de la masse liquide, sans y produire des oscillations considérables que personne n'a remarquées à Méléda.

La brochure du docteur Stuelli est terminée par une relation inédite du tremblement de terre qui détruisit entièrement la ville de Raguse, le 6 avril 1667. J'y trouve qu'à cette époque on entendait continuellement au loin, en pleine mer, des détonations presque aussi fortes que celles du tonnerre ou de gros canons, mais qu'on ne put pas découvrir d'où elles provenaient.

VII

SUR LES BRUITS SOUTERRAINS QU'ON ENTEND A NAKOUS

Nakous est situé à trois lieues de Tor, sur la mer Rouge. Ce lieu est célèbre à cause de certains sons qui s'y produisent à toutes les heures du jour et de la nuit. Lorsque M. Gray, d'Oxford, visita Nakous pour la première fois, il entendit sous ses pieds un bourdonnement continuel qui se changea bientôt en pulsations de plus en plus intenses, semblables aux battements d'une horloge. Le lendemain, ce même voyageur entendit les sons pendant une heure entière ; le temps étant alors parfaitement calme et serein, M. Gray en conclut qu'on ne pourrait pas attribuer ce phénomène, comme on l'a fait dans d'autres localités, au passage de l'air par certaines

crevasses du sol ou des rochers; ajoutons qu'un examen attentif du terrain n'y a fait découvrir aucune fissure sensible. Les Arabes du désert disent que les sons en question sont ceux de la cloche d'un couvent de moines qui s'est conservé miraculeusement sous terre, depuis l'époque où le pays était occupé par les chrétiens. D'autres leur assignent une origine volcanique. Les bains chauds de Pharaon se trouvent sur la même côte.

VIII

TEMPÊTE A WARDOEHUUS

Le fort de Wardoehuus, le plus septentrional de l'Europe, est situé sur l'île de Wardoe, par 70° 22′ de latitude boréale; il fait partie du baillage norvégien de Finmark. Ce fort et les îles voisines ont été battus, au commencement de 1820, par des tempêtes d'une violence extraordinaire et qui ébranlaient les masses de rochers les plus solides.

Pour que les lecteurs puissent se former une idée exacte de la fureur des flots dans ces régions hyperborénnes, nous dirons que le 21 janvier 1820, le mont Warberg, qui s'élève à 130 mètres au-dessus du niveau de la mer, était complétement inondé par les vagues, de sorte que l'eau se précipitait en torrents le long du flanc occidenta de cette montagne.

SUR

LES DÉPRESSIONS DE L'HORIZON

DE LA MER[1]

Dans l'impossibilité d'employer à la mer ni niveau ni fil à plomb, à cause des mouvements brusques et irréguliers des bâtiments, les marins rapportent toutes les observations qu'ils ont l'occasion de faire de la hauteur des astres à cette trace bleue, en général assez bien définie, qui semble être la ligne de séparation de l'océan et de l'atmosphère. Cette ligne, il est vrai, n'est pas dans le prolongement de l'horizon mathématique; mais la quantité dont elle se trouve au-dessous, et qu'on appelle la *dépression*, peut être exactement calculée, puisqu'elle est seulement fonction de l'élévation de l'œil de l'observateur au-dessus des eaux et des dimensions de la Terre. Il n'est malheureusement pas aussi facile d'apprécier les effets de la réfraction atmosphérique. Dans les tables de dépression dont on fait usage, et que renferment tous les traités de navigation, on ne tient jamais compte que de la réfraction moyenne relative à un certain état du thermo-

1. Mémoire imprimé en 1824 dans la *Connaissance des temps* pour 1827.

mètre et du baromètre. Il suffit d'avoir jeté les yeux sur les astres, au moment de leur lever, pour sentir combien la correction, déterminée ainsi, doit être souvent éloignée de la vérité.

Depuis quelques années les marins ont essayé, sinon de soumettre à des calculs rigoureux un élément aussi capricieux que la réfraction terrestre, du moins de trouver quelque règle de pratique qui pût faire présumer, la température de l'air et celle de l'Océan étant connues, si la dépression réelle est supérieure ou inférieure à celle des tables.

Pour déterminer, par des observations directes, les erreurs des dépressions calculées, on prend la distance angulaire d'un point de l'horizon au point diamétralement opposé. En admettant que les circonstances atmosphériques soient les mêmes tout autour de l'observateur, la différence de cette distance à 180° est évidemment le double de la dépression réelle, qui peut dès lors être comparée à la dépression des tables. La distance des deux horizons s'obtient soit avec les sextants ou les cercles à réflexion, auxquels on ajoute un petit miroir dont la position est vérifiée par des moyens décrits dans divers auteurs ; soit, comme l'ont fait les capitaines Hall et Parry, à l'aide d'un instrument de l'invention du Dr Wollaston, et qui est exclusivement affecté à cet usage.

Régions boréales. Dans le tableau de ce genre que le premier voyage du capitaine Parry renferme, les plus grandes discordances en plus et en moins entre l'observation et le calcul s'élèvent à + 59″ et à — 33″. Dans le premier cas, la température de l'air était supérieure de

0°.5 centigrades à celle de l'eau ; dans le second, au contraire, l'eau était plus chaude que l'atmosphère de 1°.2. Parmi les observations durant lesquelles l'air et l'eau étaient exactement à la même température, je remarque des erreurs de 51″ en plus. En 1820 comme en 1819 on n'a trouvé que des erreurs positives quand l'air était plus chaud que l'eau ; mais, par une température de l'air inférieure de 1° centigrade à celle de la mer, l'erreur, le 21 juillet 1819, s'est élevée à 58″ en plus.

Il résulte de là qu'en déterminant à la mer la latitude d'un bâtiment ou la hauteur d'un astre, dans les régions boréales, l'observateur le plus exercé et muni des meilleurs instruments peut se tromper, en plus ou en moins, de 1 minute, sans que les circonstances météorologiques puissent lui fournir ni les moyens de calculer l'erreur, ni même lui faire présumer dans quel sens elle a lieu. Une erreur de 2′ en latitude, ou d'environ 4,000 mètres, dans l'appréciation de la marche d'un bâtiment, est assez considérable pour qu'on doive désirer qu'à l'avenir les navigateurs chargés de la construction des cartes ne s'en rapportent pas exclusivement, comme ils l'ont fait jusqu'ici, aux tables de dépression, et que, après chaque observation importante, ils déterminent l'erreur de cet élément, soit avec l'instrument du Dr Wollaston, soit à l'aide du petit appareil, peut-être tout aussi commode, qui s'adapte aisément aux sextants ou aux cercles à réflexion.

Régions empérées. M. le capitaine Gauttier a bien voulu, à ma prière, s'occuper aussi de ces intéressantes observations pendant ses belles campagnes hydrogra-

phiques dans la Méditerranée. Voici ce que les tableaux qu'il m'a remis renferment de plus remarquable. Je ne rapporterai pas les erreurs qui ont été beaucoup au-dessous de 1 minute. Pour qu'il n'y ait pas de méprise sur le signe de ces erreurs, j'avertirai que la dépression observée est censée soustraite de la dépression calculée. Ainsi, le 7 août, le signe + indique que la dépression calculée était plus grande que la dépression observée de 1′ 14″. Voici les résultats pour la campagne hydrographique de 1819 :

Erreurs négatives.

Dates.	Heures.	Différence.	Températures en degrés centigrades	
			de l'air.	de l'eau.
6 avril......	matin	— 1′ 13″	16.0	16.2
—	midi	0 57	17.2	17.5
15 —	matin	1 10	16.9	17.2
—	midi	1 9	16.9	18.1
21 —	matin	0 56	16.2	17.5
—	midi	1 15	19.5	17.8
22 —	matin	0 53	21.2	18.1
—	midi	1 24	21.2	18.1
20 mai.......	midi	0 56	20.0	17.5
—	soir	0 54	19.9	17.5
28 —	midi	0 59	25.1	22.5
29 —	matin	0 52	22.5	21.1
—	midi	1 30	23.8	21.3
19 juin.....	matin	0 59	23.2	21.5
24 —	midi	1 34	27.5	23.7
21 août......	matin	1 32	21.2	26.2
—	midi	1 4	25.2	26.2
10 septembre,	matin	0 53	25.0	26.0
23 —	matin	1 29	18.5	24.0
—	midi	1 2	19.6	23.8
25 —	midi	0 59	23.5	23.7
10 novembre,	matin	0 56	16.5	20.6

Erreurs positives.

Dates.		Heures.	Différence.	Températures en degrés centigrades de l'air.	Températures en degrés centigrades de l'eau.
4 avril......		midi	+ 1′ 19″	+17.5	+13.8
25	—	midi	1 11	20.6	17.8
	—	soir	0 58	21.0	17.7
8 juillet.....		matin	2 7	25.6	21.3
	—	midi	1 26	25.0	22.0
9	—	matin	1 46	24.4	21.5
	—	midi	2 54	27.5	21.3
17	—	soir	3 31	30.0	26.9
18	—	matin	1 34	26.0	22.5
	—	midi	1 4	25.6	23.2
	—	soir	1 1	27.2	24.9
6 août......		soir	1 41	26.9	23.2
7	—	soir	1 14	27.5	24.4
8	—	midi	2 17	25.6	22.5
	—	soir	2 17	26.9	24.8
4 novembre,		matin	1 4	25.0	23.7
	—	midi	0 50	25.7	24.4
5	—	midi	1 5	25.0	24.4

Comme le lecteur aura remarqué dans la seconde table une erreur de 3′ 31″, je dois dire que les circonstances de l'observation étaient très-favorables, et que plusieurs officiers trouvèrent le même résultat en se servant de deux instruments différents.

Au reste, la seule conséquence qu'on puisse déduire de l'ensemble de ces déterminations est celle-ci : l'erreur de la dépression calculée ne sera positive dans nos climats qu'autant que la température de l'air surpassera celle de l'eau.

Quant aux erreurs négatives, on les observera indistinctement, soit que l'atmosphère se trouve plus chaude ou moins chaude que la mer.

Je me suis assuré, à l'aide d'une méthode particulière, qu'à égalité de force élastique, la réfraction de l'air humide diffère un tant soit peu de celle de l'air sec. J'avais espéré, d'après cela, que l'état hygrométrique de l'atmosphère pourrait expliquer comment l'erreur de la dépression s'est également trouvée négative par des températures de la mer supérieures à celles de l'air, et dans des circonstances tout opposées; mais le calcul n'a pas confirmé ma conjecture. En prenant l'état moyen de l'hygromètre de Saussure, pour les dix jours où l'erreur a été négative quoique l'air fût plus chaud que l'eau, j'ai obtenu 84°.0. Un semblable calcul, appliqué aux douze autres observations de la même table qui correspondent, au contraire, à une température de l'air moins chaude que celle de la mer, a donné 82°.5. Ce nombre diffère trop peu du précédent pour qu'on puisse espérer de tirer aucun parti de l'hygromètre dans la recherche des dépressions de l'horizon.

ERREURS OBSERVÉES DANS LA CAMPAGNE HYDROGRAPHIQUE DE 1820, DANS LA MER NOIRE

Erreurs négatives.

Dates.	Heures.	Erreurs.	Températures en degrés centigrades de l'air.	de l'eau.
26 mai.......	midi	— 0′ 55″	16.9	17.5
—	soir	0 54	17.5	16.9
27 —	matin	1 13	18.1	17.0
—	soir	1 49	17.5	18.0
2 juin.......	midi	1 26	26.9	21.5
8 —	matin	0 58	23.5	24.0
—	midi	1 9	24.8	25.5

9 juin.......	midi	1′ 4″	26.2	25.1
16 —	matin	0 56	24.7	24.4
1er juillet.....	midi	0 58	26.7	24.4
10 —	midi	0 53	22.9	23.5
29 —	matin	1 24	18.3	21.0
29 —	midi	0 59	21.6	22.4
14 août......	matin	1 16	23.2	22.0
20 —	matin	1 10	24.0	22.5

Erreurs positives.

Dates.	Heures.	Erreurs.	Températures en degrés centigrades	
			de l'air.	de l'eau.
5 avril......	matin	+ 0′ 51″	20.0	15.6
15 —	matin	1 0	17.7	17.5
—	midi	1 1	18.7	17.5
—	soir	1 2	18.1	16.9
27 —	matin	1 24	15.0	12.5
6 mai.......	midi	2 41	14.4	14.0
—	soir	1 22	15.6	14.4
7 —	matin	2 16	16.2	14.0
—	midi	2 15	17.5	15.0
—	soir	2 28	16.2	14.0
8 mai.......	matin	3 35	17.5	15.0
—	midi	1 35	18.7	16.9
—	soir	1 35	18.5	15.9
21 —	midi	0 57	21.9	17.8
28 —	matin	0 57	17.5	15.6
—	midi	0 58	18.1	15.7
29 —	soir	0 54	19.3	18.1
1er juin......	soir	2 5	25.1	20.4
11 —	matin	1 24	25.3	22.3
15 —	soir	1 2	26.2	25.4
3 juillet.....	midi	1 0	23.7	22.7
—	soir	1 20	24.4	21.2
8 —	soir	1 0	23.4	22.0
28 —	midi	2 27	18.6	10.0
10 août......	soir	1 32	23.5	22.0
11 —	matin	1 14	23.6	21.0
—	midi	2 20	24.1	23.2
—	soir	1 45	24.2	22.2

12 août.......	midi	1′ 24″	25.2	22.0
14 —	midi	1 20	27.2	22.0
15 —	soir	1 46	26.2	21.2
18 —	midi	0 56	24.8	22.7
—	soir	1 51	25.7	22.3
22 —	matin	1 24	24.7	22.8
—	midi	2 12	24.7	21.5
30 —	midi	1 56	28.0	26.5
30 septembre.	soir	0 59	20.7	20.0
1er octobre..	soir	1 7	23.5	20.5

ERREURS OBSERVÉES EN 1816 ET 1817 DANS LES MERS DE LA CHINE ET DES INDES ORIENTALES, PAR LE CAPITAINE BASIL HALL

Erreurs négatives.

Dates.		Erreurs.	Températures en degrés centigrades de l'air.	de l'eau.
1816	29 juillet.....	— 1′ 3″	27.2	28.9
—	6 août......	1 29	26.1	26.7
—	—	1 1	28.6	27.5
—	—	1 9	26.7	27.8
—	8 —	1 57	20.8	25.5
—	10 —	2 58	23.9	25.0
—	—	2 16	28.9	28.3
—	11 —	1 13	24.4	26.1
—	—	1 23	26.1	26.7
—	14 —	1 0	26.1	25.5
—	15 —	1 9	26.1	26.7
—	—	1 34	26.1	27.8
—	17 —	1 8	26.4	26.7
—	—	1 12	27.8	27.5
—	21 —	0 52	21.7	25.0
1817	5 mars.....	1 3	29.4	28.3
—	8 —	1 12	28.0	28.9

Erreurs positives.

Dates.		Erreurs.	Températures en degrés centigrades de l'air.	de l'eau.
1817	27 juillet.....	+ 0′ 54″	15.0	13.3
—	—	1 2	15.0	13.3
—	28 —	0 55	17.8	15.0

Ces deux nouvelles séries d'observations confirment tout ce que j'avais déduit de la première. Elles prouvent que la connaissance des états thermométriques de l'air et de l'eau ne suffit pas, quoi qu'on en ait dit, pour faire prévoir dans quel sens la dépression calculée sera une erreur, et que le seul moyen d'arriver à la précision de quelques secondes, dans les mesures des hauteurs à la mer, est de rapporter les astres aux deux points diamétralement opposés de l'horizon. Cette méthode suppose, il est vrai, que les circonstances atmosphériques sont absolument identiques tout autour de l'observateur; mais je dois dire que je n'ai trouvé, ni dans les tables du capitaine Gauttier, ni dans celles du capitaine Hall, aucune raison de craindre que, loin des côtes, cette hypothèse puisse induire en erreur : alors même que la dépression observée s'écartait de 2′ ou 3′ de celle des tables, la différence restait constante dans tous les azimuts.

SUR

DIVERS PHÉNOMÈNES D'OPTIQUE

I

SOLEIL BLEU

M. Forster, bien connu dans le monde savant par divers ouvrages de météorologie, rapporte dans le *Philosophical Magasin* du mois de septembre 1821, que le 18 août de la même année, entre 9 et 10 heures du matin, le disque du Soleil paraissait d'une couleur azur semblable à celle que réfléchit l'atmosphère dans un jour serein. Cet astre était alors enveloppé dans de légers nuages. Les habitants de la paroisse de Shoreditch, qui les premiers appelèrent l'attention de M. Forster sur ce phénomène, lui dirent que le matin du même jour, le Soleil, dont la lumière était alors tellement affaiblie par des nuages, qu'on pouvait le regarder à l'œil nu, avait une teinte argentée si semblable à la teinte de la soie vernie, que plusieurs personnes prirent cet astre pour un aérostat [1].

Les observations de M. Forster ont été faites dans le comté d'Essex. Je trouve, dans les *Annals of Philosophy*, du mois d'octobre 1821, que M. R. Howard, qui de-

1. Voir précédemment, p. 652.

meure dans le comté de Sussex, remarquait également ce phénomène, le même jour et à la même heure. La teinte du Soleil, suivant ce dernier, était celle de l'acier des ressorts de montre : il la compare aussi à celle de la flamme du soufre.

Le registre météorologique de l'Observatoire de Paris renferme, à la même date du 18 août, la Note suivante :

« Aujourd'hui, vers les six heures du soir, le Soleil était tellement affaibli par d'épaisses vapeurs, qu'on pouvait le regarder à l'œil nu sans être aucunement ébloui. Une circonstance remarquable que nous devons noter ici, c'est que la lumière de l'astre est restée tout le temps du blanc le plus parfait. » (Humboldt et Arago.)

Il arrive fréquemment que le Soleil est assez affaibli par les nuages qui le couvrent pour qu'on puisse l'observer à l'œil nu ; presque toujours la teinte de la lumière solaire est alors le rouge foncé. Les circonstances dans lesquelles le Soleil conserve sa blancheur au travers des brumes sont plus rares, et il n'est pas conséquemment indigne de remarque qu'elles aient existé précisément le même jour dans des points aussi éloignés que Paris et Londres.

Quoiqu'en théorie il ne soit pas impossible que la constitution particulière d'un nuage le rende propre à transmettre principalement les rayons bleus, toutefois, avant de s'arrêter à cette idée, pour expliquer le phénomène observé par MM. Forster et Howard il conviendrait d'examiner si la teinte que leur paraissait avoir le Soleil le 18 août 1821 n'était pas, comme dans le cas des

ombres colorées dont les physiciens se sont tant occupés, le simple effet d'un contraste. Supposons, par exemple, que des nuages, rouges par réflexion, se fussent trouvés à peu de distance du Soleil blanc : ce simple voisinage eût évidemment suffi pour que l'œil attribuât à l'astre la teinte complémentaire. Une description du phénomène plus détaillée que celle qui nous est parvenue pourrait seule, au demeurant, nous éclairer sur le mérite de cette conjecture.

II

PHÉNOMÈNE ATMOSPHÉRIQUE

Lorsque les rayons du Soleil levant ou du Soleil couchant traversent un nuage discontinu peu élevé au-dessus de l'horizon, on aperçoit dans l'atmosphère des traînées blanches et noires qui, par un effet de perspective, paraissent converger vers le point diamétralement opposé à celui que le Soleil occupe, et qu'on appelle anti-Soleil. Il sera important de comparer les intensités lumineuses correspondantes aux bandes obscures et aux bandes lumineuses contiguës ; il sera utile aussi de comparer ces deux lumières sous le rapport de la polarisation et en se servant du polarimètre. Des résultats curieux pourront être déduits de ces deux données de l'observation comparées entre elles. Il arrive quelquefois qu'on voit ces bandes très-distinctement après le coucher du Soleil ; dans ce cas, on assure qu'elles sont souvent produites par des pics de montagnes qui arrêtent les rayons de l'astre : dans ces circonstances, il ne sera pas

moins nécessaire de faire les deux genres de comparaison que je viens d'indiquer.

III

SUR LA DISPOSITION SINGULIÈRE QU'AFFECTE QUELQUEFOIS LA LUMIÈRE ATMOSPHÉRIQUE AU LEVER OU AU COUCHER DU SOLEIL

Tout le monde a remarqué l'apparence de divergence des rayons lumineux qui partent du Soleil quand il est couvert par des vapeurs ou par des nuages. On a moins souvent l'occasion de voir que dans quelques dispositions de l'atmosphère, ces rayons prolongés convergent vers la région diamétralement opposée au Soleil, en sorte que leur point de réunion se trouve tout autant abaissé au-dessous de l'horizon que l'astre est au-dessus. Smith s'est occupé de ce phénomène dans son *Optique*, et en donne une explication très-satisfaisante à laquelle tous les physiciens ont adhéré.

M. Brewster rapporte, dans l'*Edinburgh Journal of Sciences*, qu'il a aussi aperçu cette convergence apparente des rayons solaires le 9 octobre 1824, en allant de Melrose à Edinburgh ; la description qu'il en donne me semble très-exacte ; mais ce célèbre physicien se trompe, je crois, quand il ajoute : « Ce phénomène est extrêmement rare. » Pour nos climats, du moins, cette assertion manquerait de vérité. Pendant un séjour de deux mois à la petite île de Formentera, j'ai vu moi-même, une vingtaine de fois, tant le matin que le soir, la convergence que Smith a signalée et expliquée le premier.

IV

ARCS-EN-CIEL EXTRAORDINAIRES

Le 22 février 1810, vers $1^h\ 15^m$ après midi, j'ai cherché à mesurer la largeur de l'arc-en-ciel intérieur; je me suis servi pour cela de la lunette du cercle dont j'avais ôté à la fois l'objectif et l'oculaire; mais j'ai trouvé des résultats fort discordants, quoique je pointasse à la partie de l'arc la plus voisine de l'horizon, et par conséquent aux couleurs les plus vives.

La première de mes observations a donné...	1° 53′.5
La seconde	1 59
Et la dernière..........................	1 42

Les couleurs étaient déjà très-affaiblies quand je fis la troisième observation.

Avant que je commençasse à faire ces mesures, l'arc-en-ciel intérieur avait une forme extraordinaire, car, aux couleurs dont il est généralement composé succédaient immédiatement et dans l'intérieur plusieurs autres arcs concentriques, dont les couleurs les plus apparentes étaient le bleu, le vert et le pourpre. Les couleurs se présentaient dans l'ordre suivant, en commmençant par l'extérieur :

rouge jaune vert bleu violet	arc intérieur ordinaire.
bleu vert pourpre	arcs extraordinaires.

Le 5 juillet 1828, M. Brewster a eu l'occasion d'observer les deux arcs-en-ciel ordinaires, mais plus complets et plus lumineux dans toutes leurs parties qu'on ne les voit ordinairement. L'arc extérieur présentait une circonstance particulière : il y avait en dehors de cet arc un arc rouge très-distinct, enveloppé lui-même d'un arc vert faible. C'était un arc secondaire semblable à ceux qu'on observe assez souvent en dedans de l'arc principal. M. Brewster pense qu'il sera utile d'examiner si la théorie des arcs secondaires intérieurs que le d^r Young a donnée pourra s'appliquer aux arcs extérieurs qu'il vient de remarquer; mais cette recherche a déjà été faite par le d^r Young lui-même.

Dans sa Note, M. Brewster rapporte qu'il s'est assuré de nouveau que la lumière dont les deux arcs principaux sont formés, est complétement polarisée dans des places passant par leur centre commun. Quand on admet l'explication de Descartes sur la formation des deux arcs, la polarisation de leur lumière est de vérité nécessaire ; car cette lumière se réfléchit sur les gouttes de pluie dans des angles peu différents de celui qui, sur l'eau, amène la polarisation complète. Cette observation peut être présentée comme une preuve nouvelle de la bonté de la théorie en question. M. Brewster rappelle qu'il a fait cette remarque depuis quinze ans ; il est donc nécessaire que je lui rappelle, à mon tour, que M. Biot l'avait précédé, qu'il communiqua la remarque à l'Institut le 11 mars 1811, et qu'elle parut dans le *Moniteur* deux ou trois jours après.

Puisque l'occasion s'en présente, je dirai ici que la

lumière des arcs secondaires paraît aussi complétement polarisée. Cette circonstance ne peut pas se concilier avec l'une des explications qu'on a données de ces arcs.

Quelquefois l'arc-en-ciel n'offre qu'une seule couleur : ceci arrive quand la lumière du Soleil est colorée en rouge vif par les nuages, brouillards ou vapeurs qu'elle traverse avant de tomber sur les gouttes de pluie. J'en ai souvent vu des exemples. Delisle dit aussi l'avoir observé.

V

HALOS SOLAIRES ET LUNAIRES

On sait qu'on appelle halos des météores qui apparaissent en forme d'anneaux ou de cercles lumineux, et souvent de différentes couleurs, autour du Soleil, de la Lune et des étoiles. Quand on aperçoit une ou plusieurs images du Soleil, on a des parhélies ; le phénomène prend le nom de parasélène si l'on voit une ou plusieurs images la Lune. Ces météores ont été l'objet des observations d'un grand nombre de physiciens et des plus illustres ; leur cause est connue ; cependant, ils présentent encore plusieurs circonstances inexpliquées, qui appellent un nouvel examen ; on ne pourra faire cet examen avec fruit qu'autant qu'on aura recueilli un grand nombre d'observations et de mesures très-précises.

— Le 26 octobre 1720, Halley observa autour du Soleil un cercle lumineux dont le diamètre, comme d'habitude, avait 46°. Ce cercle était teint, mais faiblement, des cou-

leurs de l'arc-en-ciel. (*Transactions philosophiques*, XXXI, 1720, p. 211.)

— William Whiston observa autour du Soleil, les 22 et 23 octobre 1721, un *halo* dont le demi-diamètre vertical était de 23° 1/3; deux parhélies ou faux soleils placés sur le contour du halo et aux deux extrémités du diamètre horizontal; et enfin un arc-en-ciel dont la convexité était tournée vers l'horizon, en sorte que le rouge était sur le côté convexe et le bleu dans l'arc concave.

Tout ce qui précède se rapporte à l'observation du 21; le 22, les mêmes phénomènes se montrèrent, mais avec des modifications importantes : d'abord le halo devient sensiblement ovale; l'axe le plus court était horizontal; ensuite, et ceci mérite d'être remarqué, les faux soleils n'étaient plus sur le contour du halo, mais un ou deux degrés en dehors. (*Transactions philosophiques*, XXXI, 1721, p. 212.)

— George Whiston, le 1er mars 172 6/7 aperçut un halo autour du Soleil avec deux parhélies situées sensiblement en dehors du contour du halo. (*Transactions philosophiques*, XXXIV, 1727, p. 257.)

— Le 20 mai 1737, à 10h 3/4 du matin, M. Barker vit autour du Soleil un halo remarquable et qui dura pendant une demi-heure. Le diamètre vertical, le seul qui fut mesuré, était de 45°. Un halo elliptique, tangent au premier dans les deux points de plus grande et de moindre élévation, se séparait de lui ensuite, de manière que leurs diamètres horizontaux différaient de 4°. Leurs couleurs étaient d'ailleurs tout à fait pareilles. L'atmosphère était claire et chaude. (*Transactions philosophiques*, 1761, p. 3.)

— M. William Burney a mesuré les diamètres horizontaux de cinq halos solaires ou lunaires ; trois d'entre eux lui ont paru avoir 44° ; les deux autres 45°. Suivant lui, les diamètres verticaux étaient un peu plus grands. La pluie suivit toujours l'apparition de ce phénomène. (Ces observations ont été faites en septembre 1818. *Ann. of Philos.*, novembre 1818, p. 368.)

— Dans la nuit du 16 mars 1821, entre 13h et 13h 30m, mon illustre ami M. de Humboldt a aperçu un halo lunaire qui, observé avec un sextant de 8 pouces, avait, par une moyenne entre 5 mesures, un diamètre de 45° 19′, le demi-diamètre de la Lune étant de 15 minutes. Le halo n'était pas bien terminé intérieurement.

— Le 29 mars 1822, à 9h 12m de temps sidéral, il y avait un halo autour de la lune. α d'Orion était sur le contour intérieur de l'anneau ; peut-être cependant doit-on supposer qu'il était à 2 ou 3 minutes en dedans. Procyon se voyait dans la blancheur à quelque distance de la lumière extérieure.

— Le 9 mai 1822, M. Scoresby vit un halo d'environ 23° de rayon autour du Soleil ; aux deux extrémités du diamètre horizontal, sur le bord extérieur du halo, existaient deux parhélies, allongés dans le sens vertical.

Des nuages d'où partaient des averses de neige étaient poussés çà et là par le vent. Quand ces averses tombaient dans la direction du halo, ses couleurs devenaient très-vives.

— MM. Coldstream et Foggo, de Leith en Écosse, ont observé autour du Soleil, le 8 juillet 1825, un phénomène lumineux d'une forme singulière : c'était un halo pour

ainsi dire double. Il se composait d'un cercle qui sous-tendait un angle d'environ 45° et d'une ellipse tangente à ce cercle aux deux extrémités de son diamètre vertical. Le grand axe horizontal de l'ellipse avait environ 56° : dans ce sens, les deux courbes lumineuses étaient donc très-sensiblement séparées. A leurs deux points de contact, la lumière, beaucoup plus vive que partout ailleurs, offrait par moments l'apparence d'un parhélie. (*Edinburgh Philosophical Journal*, octobre 1825, p. 360.)

Le 17 février 1825, les mêmes observateurs avaient déjà aperçu un halo double. Le centre du second était de plusieurs degrés plus élevé, tandis que le diamètre paraissait seulement un tant soit peu plus petit. Le second arc coupait donc le premier en deux points, mais sans se prolonger dans l'intérieur de l'espace circulaire que celui-ci embrassait.

— Quelques halos paraissent elliptiques : le sont-ils en réalité ? est-ce seulement une illusion ? L'ellipticité, à mon avis, est parfois beaucoup trop manifeste pour qu'on ait pu s'y méprendre. Mais, puisqu'il existe des physiciens qui maintiennent encore que les halos sont toujours circulaires, je prendrai la liberté d'engager les observateurs à donner toute leur attention à cette circonstance du phénomène.

Les deux physiciens de Leith ont vu un halo lunaire de 90° de diamètre, le 29 octobre 1825, et un halo solaire, sans couleurs sensibles, de 44° de diamètre, le 8 novembre. MM. Foggo et Coldstream eussent ajouté beaucoup à l'intérêt que leurs observations doivent inspirer, si, en indiquant le moyen qu'ils ont employé

pour déterminer les diamètres des halos, ils avaient fait en même temps connaître le degré de précision dont ils le croient susceptible.

— Les halos ordinaires naissent trop fréquemment dans l'atmosphère pour qu'il soit utile de présenter ici l'énumération de ceux qu'on a aperçus à Paris. Ajoutons que les circonstances générales de leur formation sont parfaitement connues et expliquées. Des mesures très-exactes des divers diamètres peuvent seules maintenant avoir quelque intérêt pour le physicien, à moins toutefois que le phénomène ne se fasse remarquer par une forme extraordinaire ou par une intensité inusitée. C'est à ce dernier titre que je rapporterai une observation que M. Édouard de Saint-Cricq a faite à Creil (département de l'Oise). Le 20 novembre 1825, vers les onze heures et demie du soir, l'intensité d'un halo lunaire était assez vive pour qu'on pût discerner les couleurs prismatiques et noter l'ordre dans lequel elles se succédaient : cependant le ciel était très-étoilé.

— Le 21 juillet 1826, M. Peytier se trouvant en station géodésique sur le pic du Midi de Bigorre, à la hauteur de 2,877 mètres au-dessus du niveau de la mer, vit deux halos autour du Soleil. En mesurant leurs rayons à l'aide d'un théodolite, M. Peytier trouva :

Pour le petit................	21° 52′
Pour le grand...............	45° 27′

Le petit cercle était entier ; on ne voyait du grand que la partie inférieure.

— Dans les instructions rédigées pour le voyage de

la Bonite[1], l'Académie engageait les officiers de cette expédition à s'assurer, au moyen des instruments très-précis qui leur ont été confiés, si les halos qui se présenteraient à leur observation étaient toujours rigoureusement circulaires et si l'astre occupait exactement le centre de la courbe. On a prétendu, en effet, qu'il n'en était pas toujours ainsi ; mais comme on est très-exposé à se tromper en pareil cas, quand on observe à l'œil nu, les faits qu'on cite ont besoin d'être vérifiés dans des circonstances qui écartent toutes les causes d'illusion.

Les élèves du cours de physique au collége de Cahors ont eu connaissance de cette partie des instructions de l'Académie, et un halo ayant été vu dans leur ville, le 26 mars 1836 et les deux jours suivants, ils ont cherché à déterminer la forme de l'anneau intérieur. Faute d'un bon instrument, ils n'ont pu mesurer avec précision le diamètre vertical et le diamètre horizontal de cette couronne, mais ils se sont tous accordés à reconnaître que la figure n'était point elliptique, qu'elle était parfaitement circulaire.

— M. Pentland a observé plusieurs halos lunaires dans le voisinage du cap Horn ; les mesures qu'il a prises au sextant lui ont prouvé que ces halos sont circulaires, alors même qu'à l'œil on les juge fortement elliptiques. La plus grande de ses déterminations est de 46° et la plus petite de 44°.28. M. Pentland attribue la différence de ces mesures au peu de netteté de la circonférence intérieure du halo.

— Un halo solaire, observé à Paris le 2 avril 1838, avait

1. Voir t. IX des *Œuvres*, p. 45.

un diamètre vertical de 43° 0′, ainsi qu'il résulte de la moyenne de 7 mesures; le diamètre horizontal intérieur a été trouvé de 44° 3′ pour 3 mesures; l'épaisseur de la zone renflée qui formait deux croissants de chaque côté du halo, lesquels se rejoignaient par leurs pointes vers les deux extrémités du diamètre vertical, était de 3°.1 sur le diamètre horizontal.

— Le 26 février 1839, la Lune était entourée d'un halo, à Paris, à Chartres et à Marmande. Ainsi, les circonstances atmosphériques particulières que la production de ce phénomène exige existaient dans une grande étendue de pays.

A Chartres, le halo parut à M. Chasles notablement elliptique; mais aucune mesure ne vint prouver que cette ellipticité existait réellement, qu'elle n'était pas le simple résultat d'une illusion.

A Marmande, la Lune paraissait aussi occuper, sur le diamètre vertical du halo, un point situé plus haut que le milieu de ce diamètre; et cependant, à l'aide d'un théodolite, M. Baumgarten, ingénieur des ponts et chaussées, trouva, pour la distance du centre de la Lune à la limite rouge du cercle intérieur du halo, située dans la verticale de l'astre et au-dessus, 21° 33′, 21° 20′; et pour la distance du même centre à l'extrémité rouge du même diamètre vertical, 21° 39′, 21° 30′, 21° 35′. L'ellipticité n'était donc qu'apparente.

Le halo, à Marmande, n'avait pas dans sa limite extérieure violette assez de netteté pour qu'on pût mesurer sa largeur totale avec une grande précision. Dans les observations de M. Baumgarten, les valeurs angulaires de la

distance du rouge au violet ont été toutes comprises entre 2° 10′ et 3° 7′. Le thermomètre de M. Baumgarten marquait + 8° centigrades. Il était 8 heures du soir quand ce jeune ingénieur mesura le phénomène.

— Le 3 mars 1839, M. Mauvais a observé à l'Observatoire de Paris un halo solaire qu'il avait commencé à apercevoir à 9 heures et demie du matin et qu'il a suivi jusqu'au coucher du Soleil, car le météore n'a jamais cessé entièrement pendant toute la journée; seulement il variait beaucoup d'intensité d'un moment à l'autre. Il se composait seulement du cercle principal. M. Mauvais a mesuré à plusieurs reprises la distance du centre du Soleil au bord intérieur du halo (qui présentait, mais faiblement, les couleurs de l'arc-en-ciel), et il a trouvé les mesures suivantes pour le rayon vertical supérieur : 21°.9, 21°.5, 21°.2, 21°.4, 21°.6.

M. Mauvais n'a pas pu s'assurer si le halo était bien circulaire, ou s'il était elliptique, car pendant assez longtemps il n'était visible que dans sa partie supérieure sur un peu moins de 180°, et n'était parfaitement terminé que vers son sommet. Il s'affaiblissait vers la gauche et s'arrêtait, au contraire, brusquement à la droite.

Dans les autres instants de la journée, à 11^h^ 45^m^ par exemple, où le cercle entier a été visible, la partie inférieure du cercle, quoique très-sensible à l'œil, n'était pas assez nettement tranchée pour que l'on pût exactement mesurer sa distance au centre du Soleil. Vers 5 heures du soir, quelques moments avant le coucher du Soleil, le halo était encore visible même à travers les nuages légers qui voilaient cette partie du ciel. M. Mau-

vais croit que le météore a graduellement et entièrement disparu, même à sa partie supérieure, à l'instant où le Soleil a atteint l'horizon.

— Le 2 juin 1839, M. Quetelet a trouvé, à Bruxelles, pour le rayon d'un halo, d'après la moyenne de plusieurs mesures, 22° 27'. A midi, époque des observations, le thermomètre extérieur marquait + 16°.8 centigrades, l'hygromètre de Saussure 70°, et le baromètre 756mm3.

— Un très-beau halo circumsolaire s'est montré à Paris dans la matinée du 22 avril 1846; il a été observé avec soin par M. Bravais.

Le phénomène se composait : 1° d'un halo ordinaire (de 22 degrés de rayon) de lueur pâle; le rayon de ce cercle, compté du centre du Soleil jusqu'au bord interne de la lueur, a été trouvé égal à 21° 46', par la moyenne de deux mesures prises avec un sextant; 2° de deux arcs très-lumineux, tangents au halo ordinaire, l'un dans son point de culmination supérieure, l'autre dans son point de culmination inférieure.

Les couleurs aperçues dans ces arcs lumineux étaient, du dedans au dehors, le rouge (avec une teinte fauve très-marquée), le jaune, le vert, un bleuâtre très-faible et difficile à distinguer, enfin de la lumière blanche sans limite extérieure assignable. L'arc tangent supérieur se séparait du halo ordinaire à une certaine distance de chaque côté du point de tangence, et ses deux branches, se rabattant vers l'horizon, venaient se raccorder avec les branches correspondantes de l'arc tangent inférieur; l'ensemble des deux arcs tangents formait ainsi une ellipse circonscrite au halo ordinaire, à petit axe vertical,

et dont le grand axe était sensiblement horizontal. Par deux mesures prises au sextant, l'une sur le rayon oriental, l'autre sur le rayon occidental, M. Bravais a trouvé pour ce demi-grand axe, compté du centre du Soleil jusqu'au bord interne de l'ellipse, un angle de 27° 16′.

Les espaces en forme de croissant, situés entre le halo ordinaire et le halo elliptique circonscrit, étaient occupés par une lumière blanchâtre, moins vive que celle des arcs qui les embrassaient.

La partie de l'arc tangent supérieur qui paraissait soudée au halo ordinaire embrassait autour du centre du Soleil un espace angulaire estimé à 70 degrés, soit 35 degrés à droite et 35 degrés à gauche du point de culmination. Pour l'arc inférieur, la tangence apparente comprenait un angle un peu moindre, et que M. Bravais a estimé égal à 60 degrés seulement. Aux points où les arcs tangents commençaient à se séparer sensiblement du halo ordinaire, et où les bifurcations se prononçaient, les belles teintes signalées ci-dessus étaient remplacées par de la lumière blanche, beaucoup plus faible, de sorte que, pour un observateur peu attentif, le météore se réduisait à un arc horizontal supérieur au Soleil, et à un autre arc pareillement horizontal, mais situé au-dessous de cet astre.

La mesure rapportée ci-dessus (27° 16′) ayant été prise à 10h 32m du matin, la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon était alors de 49° 4′.

On réussit très-bien à expliquer ce phénomène, en admettant qu'une fraction notable des prismes de glace générateurs du halo avait ses axes disposés horizontalement.

Les prismes à axe horizontal donnent alors naissance aux arcs tangents observés, et l'on trouve que ces arcs devaient se réunir de manière à former l'ellipse observée. M. Bravais a calculé la valeur théorique du plus grand rayon de l'ellipse, et il l'a trouvé égal à 27° 59′. La petite différence entre l'angle observé 27° 16′ et l'angle calculé 27° 59′ peut provenir en partie de la grandeur du demi-diamètre solaire que l'on néglige dans le calcul, en partie de la dispersion de la lumière, qui tend aussi à écarter le bord interne du lieu de la clarté maximum; en partie, enfin, des prismes dont l'axe, compris dans le vertical du Soleil, au lieu d'être rigoureusement horizontal, se relève un peu du côté le plus éloigné de l'astre. Le résultat de l'observation paraît donc parfaitement conforme à la théorie des arcs tangents, telle qu'elle a été donnée par Thomas Young, et développée ensuite par Brandes et par M. Galle. Le *substratum* sur lequel se peignait le halo était une vapeur blanchâtre qui parfois devenait à peine perceptible sans que les couleurs parussent perdre de leur vivacité. Les observations de M. Bravais ont été faites au Collége de France, en présence de MM. Quetelet, Regnault et Izarn.

— Le 19 avril 1849, M. Plantamour a observé à Genève un halo solaire de 3h 5m à 3h 30m. A 3h 15m le Soleil était à une hauteur de 38°.3 au-dessus de l'horizon; il était entouré d'un anneau coloré correspondant au halo ordinaire, et dont les couleurs étaient très-vives. Le rayon de ce cercle, mesuré du centre du Soleil au milieu de l'anneau, était, d'après les observations de M. Bruderer, de 22°.4. On apercevait sur les côtés deux segments d'un

second halo concentrique, dont le rayon était à peu près double de celui du premier, mais qui était beaucoup moins brillant. Dans la partie supérieure et inférieure du second halo, on voyait deux arcs colorés tangents, très-brillants aux points de tangence, et se terminant en pointe. Le cercle parhélique était d'un blanc éclatant, et se voyait très-distinctement tout autour de l'horizon, sauf dans le voisinage immédiat du Soleil. Sur ce cercle se trouvaient quatre parhélies, dont deux blancs et deux colorés. Dans ces derniers, le rouge dominait presque exclusivement ; une légère teinte bleuâtre était sensible dans la partie opposée au Soleil. Leur position a été déterminée par M. Bruderer à l'aide d'un cercle azimutal ; il a trouvé, pour les parhélies rouges, la différence en azimut avec le Soleil égale à 31°.7, et pour les parhélies blancs égale à 121°.4.

— Dans la nuit du 3 au 4 mai 1849, vers 1 heure du matin, on voyait autour de la Lune un halo mal dessiné, et deux parasélènes ou fausses lunes, situées sur le halo. L'une d'elles, celle de droite, offrait, du côté faisant face à la Lune, une teinte rougeâtre bien marquée, et était munie, à l'opposite, d'une queue blanche horizontale de quelques degrés de longueur. Un arc brillant, situé à 46 degrés au-dessus de la Lune, entourait le zénith avec une amplitude azimutale d'environ 100 degrés : ses couleurs étaient bien distinctes; le rouge se trouvait sur le côté convexe, c'est-à-dire faisait face à la Lune. La distance de l'anneau rouge au centre de la Lune a été trouvée égale à 45° 17′ par une paire d'observations croisées prises par M. Bravais avec le cercle de Borda,

à $1^h\ 0^m$. Cette double observation a été répétée à $1^h\ 10^m$, en visant à l'anneau jaune verdâtre, et toujours au point de cet anneau le plus rapproché de l'autre ; on a obtenu pour distance 45° 53′. Le même jour, à midi, le Soleil était entouré d'un beau halo dont les couleurs étaient surtout brillantes dans la partie la plus voisine du zénith. La distance du centre du Soleil au milieu de l'anneau roux (rouge orangé) a été trouvée égale à 21° 49′ suivant un rayon horizontal. A $4^h\ 40^m$ du soir, le halo étant très-affaibli, M. Bravais a vu paraître, pendant quelques minutes, le même arc circumzénithal qui s'était montré, la nuit précédente, au-dessus de la Lune ; mais il était moins net, et il ne put alors mesurer sa distance à l'astre. Pendant tout ce laps de temps, le ciel a été couvert de nuages légers et vaporeux. On sait que l'arc circumzénithal se voit très-rarement dans nos climats, et on ne possède qu'un très-petit nombre de mesures exactes de ce curieux phénomène.

— Le halo ordinaire de 22° de rayon se montre très-souvent en Europe, soit autour du Soleil, soit autour de la Lune, toutes les fois que le nuage qui donne naissance au phénomène est un cirro-stratus peu épais et assez régulier. Mais les autres cercles sont très-rares dans nos régions tempérées ; cette remarque donne du prix aux observations de plusieurs de ces apparences qui ont été faites à Vendôme par M. Renou, en février et avril 1850.

Le 20 février, à 11 heures du matin, par une température de 7°.8, un vent faible du sud-est et un cirro-stratus léger et homogène venant de la direction ouest-

nord-ouest, M. Renou vit un halo complet, avec une échancrure excessivement brillante à la partie supérieure, et à droite un parhélie vivement irisé. Vers 11h 30m il y avait deux parhélies; de la partie supérieure du halo partaient deux arcs blancs, de 35 à 40 degrés, extérieurs et symétriques; ils paraissaient appartenir à deux cercles égaux au halo ordinaire, et dont les centres auraient été situés à quelques degrés à droite et à gauche du sien; ils ont disparu avant midi, tandis qu'on a vu, avec des interruptions, l'un ou l'autre parhélie jusqu'à 3 heures.

Le 24, à 4 heures du matin, et jusqu'au coucher de la Lune, M. Renou observa un halo complet, avec deux parasélènes brillants, à longs prolongements horizontaux, et portant en haut une échancrure très-brillante, analogue probablement à celle du 20 février. Mais ce qu'il y avait de plus remarquable, c'était une croix droite, à quatre bras égaux de 6 ou 7 degrés de longueur, dont le centre coïncidait avec celui de la Lune; la largeur de ces bandes, égale à celle de la Lune, diminuait un peu aux extrémités; cette croix avait une lumière plus faible que celle du halo. A 10 heures du matin, apparurent deux parhélies nets et brillants, avec des queues blanches de plusieurs degrés: il n'y avait pas de traces de halo, ni même de cirrus; le ciel était magnifique, la température de 7 degrés, et le vent faible est-nord-est; tout le reste du jour le ciel a été d'une pureté remarquable, mais les parhélies ont duré peu de temps.

Le 1er avril, à midi, par une température de 16°.7, à travers un cirro-stratus venant de l'ouest, M. Renou observa encore le halo ordinaire avec deux arcs exté-

rieurs ; celui de droite de 60°, celui de gauche de 85° ; ils étaient blancs, très-brillants et s'éloignaient de 4° environ à droite et à gauche du halo ordinaire. On n'en distinguait nulle trace à l'intérieur ; en haut, à la rencontre des trois cercles, on ne voyait pas d'échancrure comme le 20 février, quoique ce fût évidemment le même phénomène, mais la lumière y était blanche et d'une vivacité extrême ; à 2 heures, les mêmes apparences se sont reproduites, c'était alors le cercle de droite qui était le plus étendu.

— On doit à M. Bravais une analyse très-remarquable de tous les effets singuliers que peut produire la lumière en se jouant à travers des cristaux de glace suspendus dans l'atmosphère : M. Bravais a pu en outre, en soumettant à un mouvement rapide un cristal de verre taillé suivant les formes d'un cristal de glace, reproduire un grand nombre des phénomènes d'optique que l'atmosphère présente. M. Babinet, de son côté, avait déjà fait voir qu'un grand nombre de corps cristallisés convenablement taillés donnent naissance à des cercles analogues aux halos. Il y a là un progrès de la science qui n'échappera à personne. Il reste toutefois à rechercher quelles sont les circonstances qui peuvent rendre les couches atmosphériques plus aptes à faire naître les brillants météores dont nous venons de réunir de nombreux exemples.

VI

SUR LE NOMBRE DES COULEURS PRIMITIVES

Dans les *Transactions philosophiques* de 1802 on trouve un Mémoire dans lequel, après diverses observations sur la dispersion, Wollaston dit que les couleurs dans lesquelles un rayon de lumière blanche est séparable par réfraction ne lui paraissent être ni 7, comme on les voit ordinairement dans l'arc-en-ciel, ni réductibles, par quelque moyen qu'il ait employé, à 3, comme quelques personnes l'ont cru. En employant un pinceau de lumière très-étroit, on voit 4 divisions primitives du spectre, avec un degré de distinction qui n'a été, ajoute Wollaston, ni observé ni décrit jusqu'à ce moment.

Si un pinceau de lumière du jour est introduit dans une chambre obscure par une fente de 1 millimètre de diamètre et qu'il soit reçu par l'œil à la distance de 3 à 4 mètres, à travers un prisme de flint-glass bien pur tenu près de l'œil, le pinceau paraîtra séparé dans les quatre couleurs suivantes seulement, rouge, vert jaunâtre, bleu et violet, dans les proportions représentées par la figure 30. La ligne A qui borde le côté rouge du spectre est un peu confuse, ce qui paraît résulter de ce que les humeurs de l'œil ne réfractent pas assez fortement la lumière rouge pour la faire converger vers la rétine; la ligne B de séparation entre le rouge et le vert, dans une certaine position du prisme, est très-distincte, aussi bien que D et E qui forment les limites extrêmes du violet. Quant à la ligne C, limite du vert et du bleu,

elle n'est pas aussi bien marquée que les précédentes ; on voit même, de part et d'autre de cette ligne, deux autres lignes noires et distinctes *f* et *g* qui, dans une expérience imparfaite, pourraient être prises pour les bornes de ces couleurs.

La position de l'image stationnaire est celle dans laquelle les couleurs sont le plus clairement séparées ; alors les espaces AB, BC, CD, DE sont à peu près comme les nombres 16, 23, 36, 25.



Fig. 30. — Dispersion d'un faisceau de lumière à travers un prisme de flint-glass.

Avec des prismes creux contenant de l'acide nitrique concentré et incolore, de l'huile de térébenthine rectifiée, de l'huile de sassafras et du baume de Canada bien blanc, le même arrangement de ces quatre couleurs se présente ; dans les mêmes positions des prismes, les espaces que les couleurs occupent sont aussi dans es mêmes proportions.

Quand la position du prisme est changée de manière à accroître la dispersion des couleurs, les proportions précédentes sont également changées, en sorte que les espaces AC et CE, au lieu d'être entre eux dans le rapport de 39 à 61, peuvent ne plus être que dans le rapport de 42 à 58.

Quand une ligne bleue très-étroite de la partie inférieure de la flamme d'une chandelle est examinée séparément et de la même manière, au travers d'un prisme, le prisme, au lieu de paraître formé de différentes couleurs contiguës, sera vu divisé en cinq images distinctes et séparées les unes des autres. La première, rouge et large, sera terminée par une ligne brillante de jaune; la deuxième et la troisième seront vertes l'une et l'autre; la quatrième et la cinquième seront bleues. Cette dernière paraît correspondre à la division du bleu et du violet dans le spectre solaire ou à la ligne D de la figure précédente.

En examinant la lumière bleue électrique, on la trouve également séparée en différentes images, mais le phénomène est un peu différent du précédent et présente des apparences qui varient avec l'intensité de la lumière.

VII

REMARQUES SUR LES EFFETS QUE LE FLUIDE QUI HUMECTE LA CORNÉE PEUT PRODUIRE SUR LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

M. Brewster a publié en 1817 un Mémoire ayant pour but de signaler, dans les observations astronomiques et trigonométriques, une source d'erreur provenant de la constitution de l'œil de l'observateur. « Toutes les fois, dit-il, qu'un objet sera composé d'une ou de plusieurs lignes ou bandes colorées, elles se verront plus distinctement dans la situation verticale que dans toute autre... Pour découvrir les causes de ce fait remarquable, je fis

réfléchir la lumière d'une chandelle sur un miroir convexe; l'image confuse qu'elle formait dans l'œil était large et circulaire; mais au lieu d'avoir une densité uniforme, elle était couverte de petites taches lumineuses. Lorsque je fermais mon œil lentement, ces taches se mouvaient vers le diamètre horizontal de l'image circulaire et revenaient à leur première position quand les deux paupières se séparaient de nouveau. En répétant cette expérience dans des circonstances diverses, je reconnus que les taches lumineuses proviennent d'une fluidité imparfaite dans les sécrétions qui lubrifient la cornée; que cette surface humide n'est jamais ni parfaitement sphérique ni polie, qu'elle est continuellement dérangée par le mouvement des paupières, et que le fluide descend soit par sa propre gravité, soit par une attraction capillaire dirigée vers les réservoirs horizontaux qui se trouvent dans la ligne de jonction du tarse et de la cornée. »

A la fin de son Mémoire, M. Brewster signale encore une autre cause d'erreur qui, dit-il, « peut se retrouver dans toutes les observations où l'on fait usage de lunettes astronomiques et qui n'a, jusqu'ici, été connue ni des artistes ni des savants.... Elle provient d'une cristallisation dans le verre qui est toujours accompagnée de la double réfraction et d'un changement de densité. »

M. Brewster cite à l'appui de cette explication un fait que lui a communiqué le capitaine Colby, et qui consiste en ce que, dans la lunette du beau théodolite employé dans la grande opération trigonométrique d'Angleterre, le point où les images ont le plus de netteté n'est pas dans le centre du champ. M. Brewster pense que cela

peut tenir à la cristallisation de l'objectif, et il croit en trouver la preuve dans ce fait que l'intensité de la lumière polarisée qui traverse le verre en question est plus vive dans un des quadrans que dans les trois autres. « Les axes de cristallisation, ajoute-t-il, sont tous dirigés vers un point qui n'est pas le centre; mais on n'a pas eu l'occasion de reconnaître si ce point coïncide avec celui où les images ont le plus de netteté. »

L'importance que quelques personnes ont attaché au Mémoire de M. Brewster m'a engagé à présenter les réflexions suivantes.

Toute la théorie de M. Brewster est fondée sur la supposition que des lignes horizontales se voient moins nettement que des lignes verticales; mais, pour établir ceci en principe général, n'aurait-il pas été nécessaire de faire faire les expériences par plusieurs individus? Les diverses parties dont l'œil se compose présentent, dans leur forme, des irrégularités plus fréquentes qu'on n'a coutume de le supposer. M. John Stack nous apprend, par exemple (*Transactions de l'Académie d'Irlande* pour 1788, p. 28), qu'il a souvent rencontré des personnes dont la vision était toujours confuse, quel que fût d'ailleurs le foyer des lentilles convexes ou concaves dont elles se servaient : or, de pareils verres peuvent, comme on sait, corriger complétement les effets d'une trop grande ou trop petite courbure des enveloppes de l'œil. Si ce moyen est insuffisant, la forme de l'humeur cristalline doit différer plus ou moins de celle d'une lentille régulière. M. Charles, de l'Institut, à qui l'on ne contestera sûrement pas le droit d'avoir une opinion sur une

question d'optique, soupçonne que le cristallin d'un de ses yeux a deux ou plusieurs foyers distincts ; ce qui revient à dire que les surfaces qui le terminent sont discontinues. L'existence fortuite de quelques cannelures verticales dans la cornée ou dans le cristallin n'aurait donc rien qui dût étonner, et expliquerait, au besoin, le fait que M. Brewster rapporte, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à des défauts inhérents à l'organisation de l'œil. On peut, du reste, en poussant cet examen plus avant, trouver étrange que ce physicien ait fait intervenir le phénomène de la diffraction de la lumière dans une question relative à la netteté de la vision, et qu'il se soit arrêté à une expérience compliquée de mille circonstances étrangères, lorsque son hypothèse lui indiquait des moyens très-simples de lever tous les doutes. Il est clair, par exemple, que si des lignes verticales se voient plus nettement, comme M. Brewster le suppose, que des lignes horizontales, celles-ci, lorsqu'on s'en éloignera, cesseront d'être visibles à une moindre distance que les premières, de même qu'une mire donnée et quelconque disparaît plus promptement pour un œil myope que pour un œil presbyte. Nous avons fait des épreuves de ce genre, MM. Bouvard, Mathieu et moi, en nous servant de deux fils métalliques de même diamètre ($0^{\text{mill}}.1$) qui se croisaient sous un angle droit et se projetaient sur le ciel. M. Bouvard, à toute distance, apercevait également bien l'un et l'autre fil ; aussi les perdait-il de vue au même instant. M. Mathieu cessait de voir le fil vertical plutôt que l'autre : j'observais précisément le contraire. On voit donc que le fait dont parle

M. Brewster n'est pas aussi général qu'il le suppose ; ce qui entraîne la conséquence que les stries verticales du liquide qui humecte la cornée ne sont pas une cause sensible de diffusion. J'ajouterai d'ailleurs, et cette circonstance me paraît trancher la question, que, parvenu à la distance où le seul fil vertical était visible, il me suffisait, pour le faire disparaître, de placer la tête horizontalement ; alors l'autre fil se voyait assez nettement, quoique les prétendues stries de M. Brewster ne fussent plus parallèles à l'image.

Il semble résulter de ces expériences que la cause, quelle que soit sa nature, qui modifie l'œil pour l'adapter à la vision des objets diversement éloignés, ne corrige pas, chez tous les individus, les aberrations de sphéricité également bien dans tous les sens, lorsqu'on est sorti des limites de la vision distincte; mais on n'a pas le droit d'en conclure que, dans ces limites, la netteté d'une ligne dépende de sa position : aussi nous a-t-il été impossible de découvrir, soit à l'œil nu, à la distance de 22 centimètres (8 pouces), soit avec un oculaire convenablement placé, la moindre différence entre l'image verticale et l'image horizontale des deux fils déliés d'un de nos micromètres. Pour lever tous les doutes à cet égard, je pourrais au besoin rapporter des observations qui montreraient que l'incertitude des mesures n'est pas plus grande dans le sens horizontal que dans le sens vertical, et qui feraient sentir toute l'inutilité des expédients que M. Brewster propose dans son Mémoire. J'ai trouvé, par exemple, en me servant d'un excellent micromètre à prisme de M. Rochon, qu'il est possible, sous des circonstances fa-

vorables, de répondre de deux ou trois dixièmes de seconde dans l'observation de la tangence de deux images, alors même que la ligne de contact est horizontale. Je laisserai, après cela, à M. Brewster le soin de nous expliquer comment il conçoit que sa découverte trouvera d'utiles applications dans l'art de la peinture en ornement et dans la décoration des appartements.

La seconde partie du Mémoire pourrait également donner lieu à des remarques critiques. M. Brewster se trompe d'abord en insinuant que personne avant lui n'avait observé dans le verre cette structure qui lui semble être une source d'erreur commune à toutes les mesures où l'on emploie des objectifs achromatiques. Les phénomènes de dépolarisation accompagnée de couleurs, que présentent certaines masses de flint, avaient déjà été décrits dans les Mémoires de l'Institut pour 1811[1]. M. Brewster annonce, il est vrai, que, dans tous les cas où le verre agit comme cristal, il est doué de la double réfraction; tandis que le Mémoire cité renferme une assertion contraire. Mais cette contradiction paraîtra moins choquante quand on remarquera que M. Brewster n'a jamais vu de double image à travers une foule de corps qu'il a récemment pourvus de la double réfraction, et qu'il déduit l'existence de cette propriété de considérations purement théoriques. J'ignore si des expériences précises lui ont fait connaître le changement de densité qu'il annonce : quant à moi, je me suis assuré par des mesures directes que le verre peut être modifié de manière

1. Voir t. I[er] des Mémoires, t. X des *Œuvres*, p. 64.

à donner des teintes diversement colorées par dépolarisation, sans que sa réfraction en soit sensiblement altérée.

A peine est-il nécessaire, après cela, de s'occuper du fait qui termine le Mémoire, puisque rien ne prouve, de l'aveu même de l'auteur, que le point vers lequel convergent les axes de dépolarisation de l'objectif ait quelque liaison avec la région où la vision est la plus distincte, et que d'ailleurs un défaut de centrage en fournirait une explication toute naturelle.

VIII

DE L'IMPORTANCE D'UN INSTRUMENT PROPRE A LA MESURE DES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES CORPS

Les propriétés optiques des corps méritent d'être plus étudiées qu'elles ne le sont aujourd'hui par les chimistes et les minéralogistes. Aussi l'instrument simple imaginé par M. Babinet, pour la mesure des angles et la détermination des indices de réfraction, doit-il être signalé à leur attention. C'est un goniomètre à réflexion comme ceux de Malus et de Wollaston, mais le pointé s'opère d'une manière différente et dispense de prendre un point de mire éloigné, et de tenir l'instrument dans une position fixe. En effet, la mire consiste en des fils croisés placés au foyer d'une lentille ; les rayons à l'aide desquels ces fils sont vus sortent parallèles et comme s'ils venaient d'une distance infinie, et vont ainsi tomber sur le prisme dont on veut connaître l'angle ou la déviation. Les fils et la lentiile font partie de l'instrument, qui porte ainsi avec

lui sa mire dans toutes les positions et permet d'opérer sans qu'il soit même besoin de le poser sur son pied. Une lunette, mobile sur le timbre, relève ensuite les rayons réfléchis sur les faces du prisme ou transmis au minimum de déviation, et, par suite, on peut calculer l'indice de réfraction. Il faut encore mentionner, parmi les usages de ce goniomètre dans la physique et la minéralogie, la détermination de l'angle de polarisation pour chaque substance, caractère sur lequel M. Beudant a particulièrement insisté comme très-général et très-important, et qui est lié intimement au pouvoir réfringent. Enfin, le même appareil donne aussi l'angle que font entre eux les axes optiques dans les cristaux bi-axes et les diamètres des anneaux de la polarisation chromatique dans ce cas comme dans celui des cristaux à un axe.

MÉMOIRE

SUR LES AFFINITÉS DES CORPS POUR LA LUMIÈRE
ET PARTICULIÈREMENT SUR LES FORCES RÉFRINGENTES
DES DIFFÉRENTS GAZ

A peine entré à l'Observatoire de Paris, je devins le collaborateur de M. Biot dans un travail expérimental sur les réfractions des gaz, qui fut présenté au Bureau des Longitudes le 6 décembre 1805. Le Mémoire rendant compte de nos recherches, qui étaient la continuation de celles jadis entreprises par Borda, fut rédigé par M. Biot, et lu le 26 mars 1806 à la Classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut, sous le titre de *Mémoire sur les affinités des corps pour la lumière, et particulièrement sur les forces réfringentes des différents gaz*: il fut communiqué à la Classe sous les noms de MM. Biot et Arago réunis, et livré à l'impression. Il se passa alors un fait que je rapporterai, parce qu'il peut être invoqué par de jeunes savants qui auraient à régler leur part de collaboration avec d'autres savants déjà membres de l'Académie. Il y avait peu de temps que la lecture avait été faite, lorsqu'une épreuve du Mémoire sortie de l'imprimerie me tomba dans les mains. Je ne fus pas peu surpris en ne trouvant plus mon nom sur le titre; il était bien question dans la première page de

l'*aide* que j'avais donnée à l'auteur, mais tout se réduisait là. J'étais très-jeune alors; j'allai porter mes doléances à MM. Poisson et Thenard, qui les trouvèrent très-légitimes. Ils m'engagèrent à réclamer; mais ils craignaient que je ne misse trop de vivacité dans ma lettre; je souscrivis sans difficulté à ne formuler mes plaintes que dans des termes très-modérés qu'ils me dictèrent eux-mêmes. A la suite de cette réclamation mon nom reparut sur le titre du Mémoire. M. Biot dit ne l'avoir effacé que pour se conformer aux usages académiques qui, suivant lui, ne permettaient pas que le nom d'un académicien fût accolé à celui d'une personne étrangère à l'Académie dans la collection des Mémoires que publie ce corps savant.

Le Mémoire rédigé par M. Biot a paru, en 1806, dans le tome VII des *Mémoires de la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut impérial*. Je reproduirai ici un extrait de l'analyse que Delambre en a donné dans son histoire des travaux de l'Académie en 1806.

« On y trouve d'abord, dit Delambre, le rapport exact des poids du mercure et de l'air pour la température de la glace fondante, $0^m.76$ d'élévation dans le baromètre, et pour un air parfaitement sec. Ce rapport est 10,463; d'où l'on conclut pour la température moyenne et la latitude de 45° le coefficient barométrique qui sert à calculer la hauteur des montagnes, tel que M. Ramond l'a déterminé par des observations d'un autre genre.

« La réfraction que la lumière éprouve en passant du vide dans l'air, ou l'accroissement qu'y reçoit le carré de sa vitesse, n'a pas offert un accord moins heureux entre

les expériences physiques et directes et les observations astronomiques par lesquelles nous avions déterminé cet cet accroissement par ses effets sur les hauteurs du Soleil et des étoiles. La différence entre les deux résultats n'est que de un dixième de seconde pour la réfraction à la hauteur du pôle à Paris, et le plus grand écart ne passe guère une demi-seconde.

« Le pouvoir réfringent des différents gaz, déterminé avec les mêmes moyens, a les mêmes droits à notre confiance. Celui du gaz hydrogène est plus de six fois et demie aussi grand que celui de l'air atmosphérique, ainsi que M. Laplace l'avait annoncé.

« Les réfractions d'un même gaz sont rigoureusement proportionnelles aux divers degrés de densité de ce gaz.

« Des expériences diverses ont prouvé que l'eau en vapeur a le même pouvoir réfringent que l'air atmosphérique, à très-peu près, ce qui dispense les astronomes d'introduire dans leurs formules de réfraction un coefficient particulier pour tenir compte de l'humidité dénotée par l'hygromètre.

« La grande réfraction du diamant porte à croire qu'il est en partie composé d'hydrogène et non pas simplement de carbone pur, ainsi qu'on l'avait cru ; car il paraît prouvé par nombre d'expériences que le pouvoir réfringent d'un composé quelconque se forme des pouvoirs réfringents particuliers de ses principes, réunis dans la même proportion suivant laquelle les principes sont combinés. Seulement la condensation paraît produire un léger accroissement.

« La possibilité de déterminer ainsi le pouvoir réfrin-

gent des corps d'après leur composition chimique, fait présumer aux auteurs que l'on pourra, d'après cette composition, calculer de même la force dispersive d'un composé quelconque lorsqu'on aura le pouvoir dispersif de chacun des principes constituants, ce qui ouvre la voie à nombre de recherches intéressantes pour la physique et l'astronomie.

« Enfin, il résulte de ces expériences, réunies à celles de plusieurs savants distingués, tels que MM. Cavendish, Marti, Berthollet, Davy, Humboldt et Gay-Lussac, que la proportion des deux éléments de l'air atmosphérique est la même dans tous les climats, d'où résulte cette conséquence extrêmement importante pour l'astronomie, que les mêmes tables de réfraction peuvent servir pour toute la terre, vérité qui paraissait déjà résulter des observations faites en 1736 au cercle polaire et du calcul plus exact des observations faites à Pondichéry par Le Gentil. Borda, pour qui nous avions fait ces calculs, n'avait aucun doute sur ce point; il le supposait dans le grand Mémoire qu'il avait terminé sur cette matière, et qu'il nous a été impossible de retrouver jusqu'ici. On a pu se procurer, du moins, le prisme qu'il avait fait construire tout exprès pour ses expériences; on y a joint comme lui le cercle répétiteur; on a suivi ce que l'on connaissait de son plan qu'on a fort agrandi en étendant à différents gaz les recherches qu'il n'avait faites que sur l'air atmosphérique. »

En relisant, après un intervalle de près de cinquante années, ce résumé de nos recherches, je ne puis m'empêcher de convenir que les conséquences que nous en

avons tirées dépassent un peu ce qu'il était possible d'en légitimement déduire à l'époque où elles ont été faites. Cette remarque concerne surtout ce qui est dit dans le Mémoire relativement au diamant. En effet, l'application à l'acide carbonique du principe que le pouvoir réfringent d'un composé est formé des pouvoirs réfringents de ses principes réunis, dans la proportion suivant laquelle ces principes sont combinés, n'autorise pas à conclure de la composition de l'acide carbonique, le pouvoir réfringent du diamant, carbone à l'état solide, mais seulement le pouvoir réfringent du carbone à l'état de vapeur. D'ailleurs, en 1806, la chimie n'avait pas encore fait des analyses suffisamment exactes de beaucoup de corps, de telle sorte que les calculs relatifs à ce sujet sont à recommencer. Mais ce qui reste du travail que M. Biot et moi avons fait en commun, ce sont les résultats directs des expériences, résultats que je placerai ici et que j'ai multipliés plus tard en collaboration avec Petit.

Nos expériences ont été faites avec le prisme dont Borda lui-même s'était servi. Ce prisme est formé par un tube de verre très-fort, dont les extrémités taillées en biseau, très-obliquement sur son axe, sont bouchées par deux plans de glaces à faces parallèles. Nous avons mesuré son angle réfringent en observant au cercle répétiteur les angles formés par les rayons directs et par les rayons réfléchis sur ses faces, lesquels rayons venaient d'un même objet très-éloigné ; nous l'avons trouvé égal à 143° 7′ 28″. Les glaces planes formant ses faces, quoique travaillées avec un soin extrême, avaient une très-petite inclinaison qui produisait en général, sur le rayon lumi-

neux, une déviation de 16′.6 dont il a été tenu compte. Le prisme, fermé hermétiquement de toutes parts, était surmonté par un baromètre qui communiquait avec son intérieur et destiné à indiquer la tension de l'air ou des gaz qu'on y introduisait. En outre, le prisme était placé devant la lunette supérieure du cercle et tournait horizontalement sur lui-même; il présentait ainsi successivement le rayon lumineux dévié des deux côtés opposés de la mire, sur laquelle la lunette inférieure du cercle était constamment dirigée à travers l'air. Cette disposition permettait de prendre en peu de temps un grand nombre de fois l'angle du rayon lumineux avec l'axe de la lunette. Nous avions choisi pour mire l'un des paratonnerres de l'Observatoire et nous étions, M. Biot et moi, établis dans une salle du palais du Luxembourg, à 1,308 mètres de distance[1]. A cet éloignement, la déviation du rayon lumineux dans le vide était si forte que le rayon passait d'une extrémité à l'autre du fronton de l'Observatoire. Il est superflu d'ajouter que nous avons tenu un compte très-exact des variations du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre pendant les observations. Nous avons déterminé nous-mêmes les pesanteurs spécifiques de tous nos gaz avec un plus grand degré de précision que cela n'avait encore été fait jusqu'alors.

On sait qu'on appelle puissance réfractive d'un corps la diminution totale du carré de la vitesse ou de la force vive de la lumière passant du vide dans un corps transparent après avoir éprouvé toute l'action de ce corps. Si *m*

1. Voir p. 283 de ce volume.

est l'indice de réfraction lors du passage de la lumière du vide dans un corps, la puissance réfractive de ce corps est m^2-1 ; si ρ est la densité de ce corps, ce qu'on appelle son pouvoir réfringent absolu est $\frac{m^2-1}{\rho}$.

Voici les résultats que nos expériences nous ont donnés :

Noms des gaz.	Valeur de ρ ou de la densité du gaz, celle de l'air atmosphérique étant l'unité.	Valeurs de m^2-1 ou de la puissance réfractive.	Valeurs de $\frac{m^2-1}{\rho}$ ou des pouvoirs réfringents relatifs des gaz par rapport à leur densité, celle de l'air étant 1.
Air atmosphérique........	1.00000	0.0005891712	1.00000
Oxygène..................	1.10359	0.000560204	0.86161
Azote....................	0.96913	0.000590436	1.03408
Hydrogène................	0.07321	0.000285315	6.61436
Ammoniaque.............	0.59669	0.000762349	2.16851
Acide carbonique.........	1.51961	0.000899573	1.00476
Hydrogène carburé.......	0.57072	0.000703669	2.09270
Hydrogène plus carburé que le précédent...........	0.58825	0.000630300	1.81860

Les résultats des observations faites sur les gaz et sur l'air à différentes pressions sont tels qu'on peut affirmer que la force réfringente est rigoureusement proportionnelle à la densité, lorsque la température est constante, du moins dans la limite de nos expériences, où nous avons condensé de l'air jusqu'à la pression de 0m.80. Il ne nous a pas paru que l'état hygrométrique de l'air eût une influence appréciable sur sa force réfringente, de telle sorte que la puissance réfringente de la vapeur doit être considérée comme très-peu différente de celle de l'air sec. Dans les calculs de nos observations, nous avons fait

usage de la loi de Gay-Lussac relative à l'égalité de dilatation pour tous les gaz, et nous avons admis que cette dilatation est de 0.00375 de leur volume pour chaque degré du thermomètre centigrade.

En 1805, la composition élémentaire des corps n'était par encore connue avec la précision que les chimistes ont apportée depuis cette époque dans toutes leurs analyses. Cependant, nous avons trouvé en général un grand accord entre les résultats des mesures directes des pouvoirs réfringents et ceux fournis par des calculs consistant à multiplier le pouvoir réfringent de chaque principe par la quantité pondérale de ce principe qui entre dans la combinaison, et à faire la somme des produits, cette somme devant être égale au pouvoir réfringent du composé. Cette loi donne les deux équations suivantes :

$$P = P'x' + P''x'' + P'''x''' + \ldots\ldots$$
$$1 = x' + x'' + x''' + \ldots\ldots$$

si l'on suppose que P est le pouvoir réfringent d'un composé, que P', P'', P''',.... sont les pouvoirs réfringents de ses principes, et enfin si l'on désigne x', x'', x'''... les quantités pondérales de chacun des principes constituants.

Pour calculer chaque pouvoir réfringent, on élève au carré son indice de réfraction, on retranche l'unité du résultat, on divise le nombre obtenu par la densité du corps à zéro, rapportée à celle de l'air prise pour unité, et par la force réfringente de l'air. Nous avons d'ailleurs trouvé que la densité de l'eau est 773 fois celle de l'air.

D'après ces données et ces principes, nous avons cal-

culé de la manière suivante, M. Biot et moi, les pouvoirs réfringents de divers corps.

I. *Air*. Sa composition étant supposée en volumes de : oxygène 0.210, azote 0.784, acide carbonique 0.006, le calcul a donné 0.995077 pour le pouvoir réfringent.

II. *Ammoniaque*. La réfraction observée est maintenant celle qui convient à 0.797 d'azote en poids et 0.203 d'hydrogène. Les expériences de Berthollet et de Davy donnaient 0.80 d'azote et 0.20 d'hydrogène.

III. *Eau*. D'après les expériences de Newton et d'après les nôtres, le pouvoir réfringent de l'eau serait 1.7225 ; le calcul reposant sur la composition suivante de l'eau, donnée par Humboldt et Gay-Lussac : hydrogène 0.117154, oxygène 0.882958, fournit 1.53567.

IV. *Carbone*. En admettant que, d'après les expériences de Lavoisier, l'acide carbonique contient 0.76 d'oxygène en poids et 0.24 de carbone, et ayant trouvé 1.00476 pour le pouvoir réfringent expérimental de l'acide carbonique, nous avons obtenu, M. Biot et moi, 1.4581 pour le pouvoir réfringent du carbone. Si l'on calcule le pouvoir réfringent du diamant d'après les expériences de Newton, on le trouve exprimé par 3.1961, celui de l'air étant 1. Le nombre 1.4581 a été seul employé dans les autres calculs qui suivent.

V. *Huile d'olive*. Lavoisier ayant donné, pour la composition de l'huile d'olive, 0.21 d'hydrogène en poids et 0.79 de carbone, nous avons calculé que son pouvoir réfringent est 2.5382 ; les observations de Newton donnent 2.7684.

VI. *Alcool*. D'après Lavoisier, l'alcool se compose en

poids de 0.544 d'oxygène, 0.166 d'hydrogène, 0.290 de carbone; on calcule, d'après cela, un pouvoir réfringent égal à 1.9894, et les expériences de Newton, que nous avons vérifiées, donnent 2.2223.

VII. *Gomme.* Les analyses de Fourcroy et Vauquelin donnant pour la composition de la gomme 0.6538 d'oxygène, 0.1154 d'hydrogène et 0.2308 de carbone, on trouve un pouvoir refringent de 1.6931 ; les expériences de Newton fournissent 1.8826.

Tous ces calculs, faits en 1805, devront être recommencés maintenant que l'on possède des analyses plus exactes. L'intérêt qui s'attache à l'étude des propriétés optiques des corps m'a d'ailleurs engagé plus tard à tenter d'autres déterminations que j'ai faites avec mon beau-frère, M. Petit.

[Le compte rendu des expériences faites par MM. Arago et Petit n'a pas été rédigé. Les résultats obtenus sont ici résumés d'après les registres des observations.

La puissance réfractive de chaque gaz est calculée d'après les formules suivantes :

$$P' = \frac{0.76(1+t'\times 0.00375)}{p'}\left\{(1-\omega)^2\left[1+\frac{Pp}{0.76(1+t\times 0.00375)}\right]-1\right\}$$

$$\omega = \frac{R}{2\,tg\,\frac{a}{2}} + \frac{R^2}{8}$$

P étant la pression réfractive de l'air = 0.0005891712 ;

P′ la puissance réfractive du gaz ;

R la déviation observée, corrigée de la déviation des faces : positive quand le gaz réfracte moins que l'air, négative quand il réfracte davantage;

a l'angle réfringent du prisme = 143° 7′ 28″ ;

$2\,tg\,\frac{a}{2} = 5.999$;

p la pression de l'air corrigée de la dilatation du mercure;

p' la pression du gaz également corrigée de la dilatation du mercure;

t la température de l'air;

t' la température du gaz;

Un degré sexagésimal = 0.015708, le rayon étant pris pour unité.

Les nombres fournis par l'expérience sont rapportés ci-dessous tels qu'ils doivent être introduits dans ces formules pour le calcul des puissances réfractives.]

I. — *Gaz oxyde de carbone.*

I. D'après 10 observations, faites le 8 février 1813, on a :

$$R = + 0^{\circ}.006294 = 0.000098866;$$

$$\left.\begin{array}{l} p = 0.760295,\ t = 7^{\circ}.4 \\ p' = 0.602077,\ t' = 8^{\circ}.3 \end{array}\right\} \text{therm. du bar. extér.} = 6^{\circ}.8;$$

d'où $P' = 0.00070315129$.

La densité trouvée étant 0.9678, le pouvoir réfringent rapporté à l'air est 1.233775.

II. 25 observations du 12 février ont donné :

$$R = 0^{\circ}.00403 = 0.00006330324;$$

$$\left.\begin{array}{l} p = 0.75312,\ t = 10^{\circ} \\ p' = 0.608048,\ t' = 11^{\circ}.5 \end{array}\right\} \text{therm. du bar. extér.} = 9^{\circ}.9;$$

d'où $P' = 0.0007060615$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.238244.

III. Par 10 observations du 24 septembre, on a :

$$R = - 0^{\circ}.01559375 = - 0.0002449467;$$

$$\left.\begin{array}{l} p = 0.762068,\ t = 20^{\circ}.77 \\ p' = 0.708878,\ t' = 21^{\circ}.03 \end{array}\right\} \text{therm. du bar. extér.} = 21^{\circ}.53;$$

d'où $P' = 0.000728444$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.277498.

IV. 16 observations du 14 octobre donnent :

$$R = - 0^{\circ}.0110875 = - 0.0001741625;$$

$$\left.\begin{array}{l} p = 0.7292345,\ t = 13^{\circ}.66 \\ p' = 0.6819,\ t' = 13^{\circ}.69 \end{array}\right\} \text{therm. du bar. ext.} = 13^{\circ}.66;$$

d'où $P' = 0.000698201$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.22446.

V. 14 observations du 16 octobre donnent :

$R = 0''.0013618 = 0.00002139115$;

$p = 0.746124$, $t = 13^\circ.7$ } therm. du bar. extér. $= 13^\circ.73$;
$p' = 0.619127$, $t' = 13^\circ.9$ }

d'où $P' = 0.000701345$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.22992.

VI. Par 10 observations du 17 octobre, on a :

$R = 0''.001875 = 0.0000294525$;

$p = 0.747495$, $t = 14^\circ.1$ } therm. du bar. extér. $= 14^\circ.7$;
$p' = 0.620415$, $t' = 14^\circ.7$ }

d'où $P' = 0.0006986995$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.225234.

Les registres ne disent pas si l'on s'est assuré de la pureté du gaz.

II. — *Gaz des marais.*

Le gaz hydrogène carboné des marais, qui a été introduit dans le prisme, et dont la réfraction a été mesurée, était ainsi composé d'après l'analyse que Dulong en a faite :

	Poids.
Acide carbonique	0.0241
Azote	0.2930
Hydrogène	0.1829
Carbone	0.4998
Total	0.9998

Sa pesanteur spécifique était 0.622051.

I. Par 10 observations du 22 octobre 1813, on a :

$R = -2'4''.55 = -0.000603066$;

$p = 0.752019$, $t = 18^\circ.57$;

$p' = 0.754742$, $t' = 18^\circ.13$;

d'où $P' = 0.000802385$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.19.

II. Par 10 observations du 6 novembre, on a :

$R = -1'56''.7 = -0.000565716$;

$p = 0.757$, $t = 11^\circ.4$;

$p' = 0.7411$, $t' = 11^\circ.4$;

d'où $P' = 0.000803439$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.19.

III. — *Gaz oléfiant.*

I. Par 10 observations du 14 mars 1813 :

$R = -0°.117118 = -0.00183969$;

$p = 0.765033$, $t = 2°.95$ }
$p' = 0.676444$, $t' = 4°.85$ } therm. du bar. extér. = 2°.9;

d'où $P' = 0.0013731713$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.366176.

II. Par 10 observations du 23 mars :

$R = -0°.1189375 = -0.00186827025$;

$p = 0.765175$, $t = 10°.95$ }
$p' = 0.6976$, $t' = 11°.25$ } therm. du bar. extér. = 10°.5;

d'où $P' = 0.00135366$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.33256.

III. Par 10 observations du 27 mars :

$R = -0°.119006 = -0.001869346$;

$p = 0.770192$, $t = 11°.45$ }
$p' = 0.698332$, $t' = 12°.15$ } therm. du bar. ext. = 11°.65;

d'où $P' = 0.00136011$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.34367.

IV. Par 15 observations du 15 avril :

$R = -0°.116746 = -0.00183385$;

$p = 0.75592$, $t = 9°.87$ }
$p' = 0.69212$, $t' = 10°$ } therm. du bar. extér. = 9°.17

d'où $P' = 0.00133984$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.30875.

V. Par 10 observations du 26 avril :

$R = -0°.120756 = -0.00189674$;

$p = 0.7516035$, $t = 14°.75$ }
$p' = 0.7045603$, $t' = 14°.09$ } therm. du bar. extér. = 14°.7;

d'où $P' = 0.001348594$.

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 2.323827.

IV. — *Hydrogène sulfuré.*

Le gaz a été préparé, le 8 octobre 1815, par M. Despretz, et introduit dans le prisme dans le laboratoire de l'École polytechnique. On a fait passer environ 56 parties du gaz dans un tube où l'on a introduit de la potasse; il n'est resté qu'un volume d'environ un dixième de partie. Avant d'ouvrir le robinet du prisme, la tension intérieure était de 0.0065; quand l'air des robinets de la cloche a passé dans le prisme, cette tension s'est élevée à 0.025. On a fait les mesures dans la chambre obscure de l'École. On a obtenu, par une moyenne entre 12 observations;

$R = -6'25'' = -0.00186648;$
$p = 0.76244,\ t = 17°.6;$
$p' = 0.74534,\ t' = 17°.6;$
d'où $P' = 0.0012786.$

Pouvoir réfringent rapporté à l'air = 1.8219,
La densité étant 1.1912.

V. — *Vapeur de sulfure de carbone.*

I. Par 16 observations du 11 août 1815:
$R = -4'39'' = -0.00135259;$
$p = 0.7477,\ t = 16°.7;$
$p' = 0.26685,\ t' = 16°.7;$
d'où $P' = 0.00301525.$

II. Par 11 observations du 17 août:
$R = -3'7''.7 = -0.00091;$
$p = 0.75653,\ t = 22°;$
$p' = 0.2265,\ t' = 22°;$
d'où $P' = 0.00307069.$

III. Par 10 observations du 18 août:
$R = -2'13'' = -0.000644784;$
$p = 0.7569,\ t = 20°;$
$p' = 0.2042,\ t' = 20°;$
d'où $P' = 0.0030433.$

IV. Par 15 observations du 8 septembre:
$R = -5'19'' = -0.00142535;$

$p = 0.7606$, $t = 18^\circ.63$;
$p' = 0.2663$, $t' = 18^\circ.63$;
d'où $P' = 0.00313317$.

VI. — *Vapeur d'éther muriatique.*

I. Pour 10 observations du 31 août 1815 :

$R = -7'5''.8 = -0.0022872864$;
$p = 0.7586$, $t = 24^\circ.85$;
$p' = 0.47363$, $t' = 24^\circ.85$;
d'où $P' = 0.002280408$.

L'éther muriatique employé avait été préparé au laboratoire de la Faculté des sciences. Dans le prisme, il y avait une petite quantité d'air exerçant une pression de $0^m.03$.

II. Par 10 observations du 1er septembre :
$R = -4'19''.5 = -0.001258056$;
$p = 0.7603$, $t = 25^\circ$;
$p' = 0.346$, $t' = 25^\circ$;
d'où $P' = 0.00230192$.

L'air compris dans l'appareil n'avait qu'une tension de $0^m.016$.

VII. — *Vapeur d'éther sulfurique.*

I. Par 10 observations du 1er septembre 1815 :
$R = -8'38'' = -0.002511264$;
$p = 0.7597$, $t = 25^\circ.2$;
$p' = 0.3651$, $t' = 25^\circ.2$;
d'où $P' = 0.00314044$.

II. Par 10 observations du 2 septembre matin :

$R = -10'38'' = -0.003093024$;
$p = 0.7573$, $t = 25^\circ.1$;
$p' = 0.4163$, $t' = 25^\circ.1$;
d'où $P' = 0.003114073$.

III. Par 10 observations du 2 septembre soir :

$R = -9'53'' = -0.002874864$;
$p = 0.756423$, $t = 25^\circ$;
$p' = 0.39587$, $t' = 25^\circ$;
d'où $P' = 0.003135568$.

Ces trois séries d'observations ont été faites avec de l'éther préparé dans le laboratoire de la Faculté des sciences.

IV. Par 15 observations du 4 septembre :

$R = -8'52'' = -0.002579136;$
$p = 0.7575,\ t = 24°;$
$p' = 0.3693,\ t' = 24°;$
d'où $P' = 0.003126687.$

V. Par 10 observations faites le 6 septembre :

$R = -6'18'' = -0.001832544;$
$p = 0.75656,\ t = 19°.2;$
$p' = 0.303,\ t' = 19°.2;$
d'où $P' = 0.003112852.$

VI. Par 10 observations faites le 7 septembre :

$R = 2'2'' = 0.000591;$
$p = 0.7600,\ t = 18°.6;$
$p' = 0.0874,\ t' = 18°.6;$
d'où $P' = 0.00328643.$

Ces trois dernières séries ont été faites avec de l'éther rectifié par Gay-Lussac.

VIII. — *Cyanogène.*

I. Par 10 observations faites le 24 septembre 1815 :

$R = -7'21''.5 = -0.002140392;$
$p = 0.75052,\ t = 20°;$
$p' = 0.62042,\ t' = 20°;$
d'où $P' = 0.00165111.$

II. Par 10 observations faites le 25 septembre :

$R = -6'45'' = -0.00196344;$
$p = 0.7546,\ t = 19°;$
$p' = 0.5966,\ t' = 19°;$
d'où $P' = 0.00163792.$

Le gaz employé dans ces deux séries avait été préparé par Gay-Lussac.

[Après avoir fait les expériences qui précèdent,

M. Arago s'est encore occupé particulièrement des changements qui pouvaient être produits dans l'indice de réfraction de l'air par la présence de la vapeur d'eau, question que n'avaient pas complétement résolue les observations faites en 1805 avec M. Biot. Ces recherches sont indiquées dans le *Mémoire sur la méthode des interférences appliquées à la recherche des indices de réfraction*, qui est inséré dans le t. Ier des Mémoires, t. XI des *Œuvres*, p. 312 à 334. Elles sont également signalées dans une Note de Fresnel (même volume, p. 585). Sur ce sujet, M. Arago a laissé les Notes suivantes qui doivent trouver place ici.]

D'après les expériences que nous avons faites, M. Biot et moi, à des températures comprises entre — 1°.5 et + 12°.0 et qui ne s'élèvent pas à moins de 166, la puissance réfractive de l'air est de 0.0005891712. Cinquante observations ont été faites à 0° ou au-dessous. Aux températures auxquelles nous avons opéré, la vapeur d'eau ne pouvait avoir d'influence sensible sur les résultats. On déduit de là, pour le rapport du sinus d'incidence au sinus de refraction dans le passage du vide dans l'air, i = 1.00029454, à 0° et à 0m.76 de pression. Newton avait donné 1.0003125, mais sans indiquer ni la température ni la pression correspondante. Pour déterminer l'influence de l'humidité de l'air, j'ai fait, soit avec Fresnel, soit seul, les expériences suivantes en me servant de mon appareil à interférences composé de deux tubes juxtaposés longs de 1 mètre et traversés par deux rayons de lumière venant d'une source commune.

10 *octobre* 1816. — Le thermomètre marque 18°.5 centigrades. L'un des tubes est à moitié rempli de chlorure de calcium depuis plusieurs jours. On les place devant le diaphragme. Le tube sec est à droite; le fil correspond au milieu des deux bandes du premier ordre. On enlève l'appareil; les bandes ont marché à gauche d'un peu plus des trois quarts de la largeur d'une frange; d'où il résulte que d'abord elles étaient déviées à droite, c'est-à-dire du côté de l'air sec.

Une seconde épreuve a donné le même résultat.

On répand de l'eau dans un des tuyaux et l'on recommence l'expérience. Le fil était au milieu des deux bandes du premier ordre. En enlevant l'appareil les bandes marchaient à gauche d'un intervalle et demi : ce qui montre que d'abord le tube sec les déviait à droite ou de son côté du même intervalle.

Le tube a pour longueur $1^{m}.008$; une ondulation est égale à $0^{m}.000000577$.

14 *septembre* 1817. — La température dans la chambre noire est de 22°.0 centigrades.

Les deux tubes étant remplis d'air sec, le fil passait de 1 en 2 quand on enlevait les tuyaux. Le tube de droite étant saturé d'humidité, le fil, par l'enlèvement des tuyaux, passait de 1 en 3. L'effet de l'air humide était donc représenté par l'intervalle compris entre 2 et 3. Puisque les bandes marchaient du côté du tube humide lorsqu'on l'enlevait, il est clair que le tube sec les avait entraînées de son côté ou qu'il réfractait plus que l'autre.

20 *septembre* 1817. — On se sert de l'appareil de Fortin. Il y a dans chaque tube 4 millimètres d'air. Les bandes sont sur le fil du milieu. Je laisse entrer de l'air dans le tube de gauche de manière que la tension est maintenant 9 millimètres. Je ramène ensuite les bandes sur le fil du milieu. En enlevant alors les tubes elles marchaient vers la droite de deux bandes et demie ; mais pour une tension pareille dans les deux tubes, elles marchaient dans le même sens de 0.5 bande. 5 millimètres d'air ajoutés à une tension primitive de 4 millimètres entraînent donc les bandes de leur côté de 2 bandes; en sorte que dans un mètre d'air à 9 millimètres de tension, un rayon fait deux ondulations de moins que dans un mètre d'air à 4 millimètres.

4 *octobre* 1817. — Dans un des tubes, l'air est à la pression ordinaire de l'atmosphère ; dans l'autre, il y a 11 millimètres de moins. L'interposition des deux tubes déplace les bandes du côté de l'air dense de 10 bandes environ. Cette appréciation est faite à vue sans le secours du micromètre. Le baromètre extérieur marque $0^{m}.761$.

5 *août* 1818. — Le tube rempli d'eau est à gauche. On place le fil au milieu de la bande du premier ordre. Quand on enlève le tube, les bandes marchent vers la gauche de une bande et demie; mais elles marchent aussi d'un quart de bande dans le même sens quand on enlève le tube sec ; d'où il résulte que le déplacement des bandes occasionné par l'interposition d'un tube humide ne s'élève qu'à une bande et un quart.

La température est de 27° centigrades.

6 *août* 1818. — A midi nous avons placé de nouveau les deux tubes devant le diaphragme. Le fil du micromètre a été dirigé sur le milieu de la bande du premier ordre. En enlevant les deux tubes on a vu les bandes marcher vers la gauche de une bande trois quarts. Avant l'introduction de l'eau dans le tube de gauche, on avait fait la veille une expérience semblable. L'enlèvement des tubes, quand l'un et l'autre étaient secs, faisait marcher les bandes vers la gauche, dans les expériences d'hier, de un quart de bande; l'effet de l'humidité répandue dans le tube de gauche ne s'élève donc qu'à une bande et demie.

L'eau était restée dans le tube depuis hier ; on en avait ajouté une nouvelle quantité aujourd'hui avant de commencer l'expérience. Le thermomètre centigrade dans la chambre obscure marquait 27°.

Il est évident, d'après le sens du déplacement des bandes, que l'air humide réfracte moins que l'air sec.

13 *août* 1818. L'interposition des deux tubes dévie les bandes vers la droite d'une demi-bande. L'un des tubes, celui de droite, renfermait du chlorure de calcium depuis trois jours ; l'autre n'était probablement pas bien sec. On met de l'eau dans ce tube, et aussitôt les bandes marchent du côté opposé ou vers la droite. On ramène le fil du micromètre sur le milieu de la bande du premier ordre. L'enlèvement des tubes est accompagné d'un mouvement des bandes vers la gauche (vers le côté qu'occupait le tube humide) de deux bandes entières. Retranchant un quart de bande pour l'effet des verres, il reste une bande trois

quarts pour la mesure de l'excès de réfraction d'un mètre d'air sec sur un mètre d'air humide.

La température dans la chambre obscure est de 24° centigrades.

31 *août* 1818. — J'ai répété aujourd'hui l'expérience des deux tubes, mais en employant l'appareil de Gambey. Ici les deux plans de verre ne sont distants que de 3 centimètres, et l'état plus ou moins humide de l'air contenu dans chaque tube n'a pu avoir qu'une très-faible influence.

Les deux tubes formés par les mêmes verres que j'emploie habituellement ont été placés dans la chambre obscure. Le fil du micromètre a été dirigé sur le milieu de la bande brillante du premier ordre. En enlevant les tubes, les bandes se déplaçaient de un quart de bande vers la gauche. J'ai mis ensuite du chlorure de chaux dans le tube de droite, de l'eau dans le tube de gauche; mais le mouvement des bandes, toujours vers la gauche quand on enlevait les tubes, n'était, comme précédemment, que de un quart de bande. Il ne se précipite donc pas d'humidité sensible sur le verre qui ferme le tube où l'air est saturé d'humidité.

Il résulte de ces expériences que l'indice de réfraction de l'air humide aux basses températures n'est pas au-dessous de 1.0002933; je le trouve égal à 1.0002938. En effet, la valeur d'une ondulation qu'il faut employer pour calculer la situation des bandes intérieures avec mon verre rouge est égale à 0m.000000623; c'est elle qui correspond à la limite commune du rouge et de l'orangé; ces deux

couleurs sont les seules que mon verre laisse passer. On peut donc dire que dans l'air sec il y a environ 1,605.000 ondulations; dans le vide, il y aurait 472 ondulations de plus ou 1,605.472. Or, dans un mètre d'air humide, il se perd une ondulation et demie ou deux ondulations; on aura donc la vitesse dans l'air humide : la vitesse dans l'air sec :: 1,604.998 : 1.605,000, ou bien si m' est l'indice de réfraction dans l'air humide, m' : 1.00029454 :: 1,604,998 : 1,605.000, d'où $m' = 1.0002933$. On voit ainsi comment mon appareil peut être substitué au moyen ordinairement employé pour la détermination de la réfraction. Il pourrait servir également de baromètre, car j'ai constaté qu'avec un tube de 11 décimètres de longueur, 1 millimètre d'augmentation de pression correspond à une frange et, par conséquent, $0^{mm}.1$ à un dixième de frange. On aurait enfin, avec la même facilité, un thermomètre très-sensible, car 1° centigrade correspond à 2.2 franges, et, par suite, 0°.1 à 0.22 franges, 0°.05 à 0.11 franges.

La chaleur sensible ou thermométrique augmente le pouvoir réfringent des corps. Fait-elle également varier les éléments de la double réfraction dans les cristaux doués de cette propriété? En d'autres termes, le pouvoir réfringent mesuré sur le rayon extraordinaire, dans une direction donnée, est-il le même à toutes les températures? Si, comme il est naturel de le croire, la déviation du rayon extraordinaire varie avec le degré du thermomètre, il sera curieux de rechercher si cette variation est analogue à celle qu'on observe dans le rayon ordinaire.

Voulant publier mes recherches relatives à l'influence de la vapeur d'eau sur les réfractions astronomiques,

j'avais fait disposer un appareil de grandes dispositions pour vérifier mes premiers résultats. Cet appareil se composait d'un tube dont la longueur était portée à 10 mètres. Un des rayons interférents traversant le tube, l'autre passe dans l'air extérieur. Il suffit d'introduire successivement dans le tube d'abord de l'air sec et ensuite de l'air humide, pour observer les différences de leurs effets. Comme le déplacement des franges devait être trop considérable avec un tube aussi long pour que la mesure directe des déplacements pût se faire avec une grande exactitude, j'imaginai d'interposer un compensateur formé de lames de verre dont l'inclinaison, variant suivant des angles connus, ramènerait les franges à une même position déterminée par des fils croisés placés au foyer d'un oculaire. (Voir le t. Ier des Mémoires, t. XI des *Œuvres*, p. 327.) La perte de ma vue ne me permit pas de faire les expériences que j'avais projetées, et, en 1852, je priai M. Fizeau de vouloir bien se charger de ce soin; cet ingénieux physicien s'est acquitté de cette mission avec l'exactitude si remarquable qu'il apporte dans tous ses travaux. Voici la note qu'il m'a remise après l'achèvement des mesures :

Le compensateur imaginé par M. Arago pour ce genre de recherches est formé par un arc de cercle divisé, placé horizontalement, sur lequel se meuvent deux alidades; chacune de celles-ci porte une glace verticale ayant la forme d'un rectangle, ces deux glaces sont à faces parallèles et ont la même épaisseur. Par le mouvement d'une seule vis, on peut faire tourner à la fois les deux glaces autour d'une ligne verticale passant par le centre du cercle; mais la rotation égale pour les deux glaces a lieu en sens contraire pour chacune d'elles. L'instrument étant au zéro, les glaces sont situées parallèlement et appliquées l'une contre l'autre; en faisant

mouvoir la vis, elles s'écartent de part et d'autre du zéro de la même quantité qui est l'*angle d'inclinaison*. Si l'on suppose un rayon traversant normalement les glaces lorsque l'instrument est au zéro, l'angle d'incidence, qui est alors zéro, deviendra égal à i lorsque les glaces auront été inclinées de la quantité i. Le système de ces deux glaces, pouvant s'incliner en sens opposé de quantités égales, jouit de la propriété remarquable de retarder le rayon qui les traverse de quantités plus ou moins grandes, suivant le degré d'inclinaison, mais sans produire aucun déplacement final du rayon; les déplacements individuels dus à chacune des glaces ayant lieu en sens opposés, se neutralisent, en effet, d'une manière complète.

Les effets du compensateur se calculent au moyen de la formule suivante :

$$R = 2\,e\left[\frac{m - \cos(i-r)}{\cos r}\right]$$

R, est la différence de marche ou le retard dû à l'action des glaces;

e, l'épaisseur des glaces;

m, l'indice de réfraction du verre;

i, l'angle d'incidence;

r, l'angle de réfraction dans le verre.

Des glaces de différentes épaisseurs pouvaient être placées sur le compensateur: celles qui ont servi dans les expériences définitives, étant mesurées au sphéromètre, ont donné $e = 2^{\text{mill.}}485$.

Les glaces avaient été données comme étant en verre de Saint-Gobain dont l'indice de réfraction est, assez constamment, 1,543; cependant, il a paru plus sûr de déterminer directement l'indice de réfraction de ces glaces afin de s'assurer que le verre dont elles sont formées n'appartiendrait pas à quelque variété de verre moins réfringent, ce qui pourrait avoir lieu[1].

1. Pour déterminer l'indice de réfraction des glaces minces comme celles dont il est ici question, on a fait usage d'un procédé très-simple et qui est cependant susceptible d'exactitude. Si l'on place près d'une règle divisée une glace à faces parallèles, de manière que le bord de la glace se termine à la moitié des traits qui marquent les divisions, on verra les divisions à la fois à travers la glace et directement; la moitié de la hauteur des traits sera vue directement, l'autre moitié à travers la glace. Si celle-ci est placée normalement à la direction du rayon visuel, les deux moitiés du trait vers lequel on vise se correspondent exactement; si la glace est inclinée sur le rayon visuel, il n'en sera plus de même, la moitié du trait vu à travers la glace sera déplacé par l'effet de la réfraction, et ne correspondra plus à l'autre moitié vue directement; mais en inclinant convenablement la glace on pourra faire que ce déplacement soit précisément égal à 1, 2, 3, etc., divisions, de sorte que ce soit

La valeur trouvée est 1.54; elle diffère si peu de la précédente, que les résultats calculés avec l'une ou avec l'autre de ces valeurs ne présentent que des différences tout à fait négligeables.

L'angle d'incidence i est égal à l'angle d'inclinaison des lames, qui se lit sur l'instrument.

L'angle r se déduit de l'indice m par la relation, $\sin r = \frac{\sin i}{m}$.

Lorsque le tube est rempli d'air sec, on trouve une certaine valeur de l'angle i correspondante à l'inclinaison des lames nécessaire pour amener le milieu de la frange centrale sur le point d'entre-croisement des fils; on en déduit par la formule la différence de marche R.

Si l'on substitue de l'air humide à l'air sec, on a une autre valeur de l'angle i, d'où l'on déduit une différence de marche correspondante R'.

La différence entre ces deux quantités $R' - R = \Delta$ est précisément la différence des effets de l'air sec et de l'air humide. En divisant cette quantité par la longueur d'ondulation des rayons jaunes $\lambda = 0^{\text{mill.}}.000589$ on a $\frac{\Delta}{\lambda}$ = nombre de franges déplacées.

Après avoir indiqué l'usage du compensateur et le moyen d'en calculer les effets, il convient d'ajouter quelques mots sur les auttres parties de l'appareil et sur la manière dont les opérations ont été faites.

Une fente verticale, suivie d'une lentille cylindrique, était placée devant la flamme d'une lampe; la ligne brillante qui se formait au foyer de la lentille était la source de lumière. A une distance de cinq mètres, il y avait un objectif à long foyer sur lequel était appliqué un écran percé de deux fentes; celles-ci séparaient, dans la lumière incidente, deux rayons qui, rendus convergents par l'effet de l'objectif, allaient concourir à une distance de 11 mètres en donnant naissance aux franges d'interférence.

la 1re, 2e, 3e..... des divisions voisines qui, vue à travers la glace, vienne coïncider avec le prolongement du trait vu directement.

L'observation étant faite au moyen d'un cercle divisé qui permette de mesurer l'angle dont la glace doit être inclinée pour produire un déplacement de n divisions, on calcule l'indice de réfraction au moyen de la formule suivante :

$$\text{tang}\, r = \text{tang}\, i \left(1 - \frac{n}{e \sin i}\right).$$

n est le nombre de divisions supposées des millimètres ;
e est l'épaisseur de la lame en millimètres.

Le tube, long de 10 mètres, était placé devant une des fentes de manière à être librement parcouru dans toute sa longueur par un des rayons. En sortant du tube, le rayon traversait les lames du compensateur. Enfin, au point de concours des deux rayons se trouvait un oculaire muni de fils croisés au moyen duquel on observait d'une manière précise la position des franges. Le tube était fermé par des glaces; pour compenser l'effet qui devait résulter de leur action propre, les glaces avaient été taillées de manière à dépasser les extrémités du tube du côté du rayon qui devait traverser l'air extérieur, en sorte que les deux rayons avaient à traverser les mêmes épaisseurs de verre.

Les glaces du compensateur étant au zéro, c'est-à-dire perpendiculaires au rayon, exerçaient une action propre considérable, qui était également compensée par une autre glace placée sur le trajet du second rayon : en inclinant plus ou moins cette dernière glace, on pouvait toujours, sans déranger le compensateur, amener la frange centrale sur le point de croisement des fils.

Pour introduire dans le tube de l'air sec ou humide, on opérait de la manière suivante :

Pour l'air sec, on faisait le vide dans le tube, puis on faisait rentrer de l'air desséché par des tubes renfermant de la pierre ponce imprégnée d'acide sulfurique. On répétait cette opération plusieurs fois et jusqu'à ce que l'on n'observât plus de changement dans la position des franges.

Pour l'air humide, on s'est servi de deux moyens différents: tantôt l'on faisait le vide comme précédemment et l'on faisait rentrer de l'air saturé d'humidité par son passage à travers des tubes renfermant des fragments d'éponge mouillée. Dans ce cas, pour éviter l'abaissement de température produit par l'évaporation de l'eau, le premier tube dans lequel l'air pénétrait était maintenu à quelques dergés au-dessus de la température ambiante. On remplissait ainsi le tube avec de l'air humide plusieurs fois jusqu'à ce qu'une nouvelle introduction d'air humide ne produisît plus de changement dans la position des franges.

On a également procédé en déterminant dans le tube un courant d'air humide lent et longtemps prolongé. Les deux moyens ont donné sensiblement les mêmes résultats; mais le premier a l'avantage de produire le maximum d'humidité dans un temps bien plus court.

Deux thermomètres en contact avec le tube faisaient connaître sa température.

L'intérieur du tube était toujours en communication avec l'air

extérieur, de sorte que les pressions étaient les mêmes à l'intérieur et au dehors.

Il n'y a pas à tenir compte de la hauteur du baromètre qui, du reste, a été peu différente de la hauteur normale pendant les expériences.

L'appareil était disposé à l'Observatoire dans la salle de la Méridienne dont la température ne varie que très-lentement[1].

Voici maintenant les résultats obtenus.

Deux déterminations ont été faites au mois de février 1852 à des jours différents et à des températures très-voisines de 6°.

Température.	Inclinaison des glaces pour l'air sec.	Inclinaison des glaces pour l'air humide.	$\frac{\Delta}{\lambda}$ ou nombre de franges déplacées.
6.3	0°	3° 32′	5.6
5.9	0	3 37	5.9

Les deux valeurs ci-dessus, ramenées à la même température en leur faisant subir une correction très-petite fondée sur la proportionnalité des déplacements aux densités de la vapeur d'eau, donnent la moyenne : 5.72 franges pour le déplacement correspondant à la température de 6° ; et le sens de ce déplacement indique que l'air humide est moins réfringent que l'air sec.

C'est pour simplifier les calculs que l'on s'est arrangé de manière à ce que l'angle i fût égal à zéro pour l'air sec, ce qui était facile en inclinant d'une manière convenable la glace supplémentaire placée sur le trajet de l'autre rayon.

Deux autres déterminations ont été faites dans la saison chaude, au mois de juin, à des jours différents et à des températures très-voisines de 17°. En voici les résultats :

1. On pourrait craindre que dans ces expériences l'air humide se trouvant en contact avec les glaces ne donnât lieu sur la surface du verre à une précipitation d'eau liquide, en quantité suffisante pour produire un déplacement propre des franges. Si cet effet s'était produit, il aurait été en sens contraire de celui de l'air humide, et l'observation aurait donné des nombres trop faibles. Mais il est facile de s'assurer par le calcul que la couche d'eau liquide qui pourrait produire un effet sensible devrait avoir une épaisseur qui la rendrait immédiatement visible à la surface du verre. Pour donner lieu à un déplacement de 1/4 de frange, l'épaisseur devrait être telle que les couleurs des lames minces apparaîtraient à la surface, ce qui n'avait pas lieu. Au reste, M. Arago s'était déjà assuré par une épreuve directe que cet effet ne se produisait pas dans ses premières expériences. Une épreuve à peu près semblable a montré qu'il en est de même avec le nouvel appareil. Il n'y a donc pas d'effet sensible produit par l'humidité déposée sur les surfaces de verre.

Température.	Inclinaison des glaces pour l'air sec.	Inclinaison des glaces pour l'air humide	$\frac{\Delta}{\lambda}$ ou nombre de franges déplacées.
17.2	0°	5° 10′	12.0
17.1	0	5 3	11.6

Ces deux valeurs, réduites à la même température, donnent pour moyenne 11.71 franges pour la température de 17°.

On voit que le nombre de franges déplacées croît rapidement avec la température, comme cela devait être si le déplacement était proportionnel à la quantité de vapeur d'eau mêlée à l'air; et c'est, en effet, ce qui a lieu.

La tension de la vapeur d'eau étant, d'après les expériences récentes de M. Regnault : 6.998 à 6° et 14.421 à 17°, les densités de la vapeur à ces deux températures sont dans le rapport :

$$\frac{14.421\ (1+6\alpha)}{6.993\ (1+17\alpha)} = 1.98$$

α étant le coefficient de dilatation des gaz.

Si le déplacement est proportionnel à la quantité de vapeur d'eau, il suffira de multiplier le nombre de franges 5.72 trouvé pour 6° par le rapport 1.98, pour retrouver le nombre de franges observées pour 17°. En effectuant le calcul, on trouve 11.3; l'observation a donné 11.7. La différence est inférieure aux erreurs possibles de l'observation.

Il résulte de là que le déplacement des franges est sensiblement proportionnel à la densité de la vapeur d'eau qui existe dans l'air aux différentes températures. Les expériences ne se rapportent qu'à l'air saturé de vapeur d'eau, mais les lois connues du mélange des gaz et des vapeurs ne permettent pas de douter que le même principe ne s'applique à l'air incomplétement saturé ou présentant une fraction de saturation plus faible que l'unité.

Le principe que l'on vient de reconnaître permet de déduire des expériences précédentes les effets de la vapeur d'eau pour différentes températures, et d'en conclure les valeurs comparatives de l'indice de réfraction de l'air sec et de l'air humide.

Pour ces calculs, on a réuni les valeurs des 4 déterminations et on les a rapportées à 17°, ce qui donne, pour le déplacement à cette température, $n = 11.525$, c'est la valeur moyenne des observations supposées faites à la température de 17°. Or, d étant la densité de la vapeur à 17°, pour une autre température à laquelle la densité de la vapeur sera d' on aura $\frac{n'}{n} = \frac{d'}{d}$.

Les calcul a été fait pour des températures croissant de 5 en 5 degrés de 0° à 40°, limites entre lesquelles la connaissance des effets de la vapeur d'eau peut être utile dans l'application.

Température.	Valeurs de n ou nombres de franges qui seraient déplacées par l'air humide renfermé dans un tube de 10 mètres.
0°	3.90
5	5.45
10	7.51
15	10.22
20	13.76
25	18.32
30	24.13
35	31 47
40	40.66

De ces valeurs, il est facile de déduire l'indice de réfraction de l'air humide pour différentes températures.

En effet, m_s et m_h étant les indices de l'air sec et de l'air humide, L la longueur du tube, Δ la différence de marche, on a, d'après la théorie des interférences :

$$\Delta = L\,(m_s - m_h)$$

Or, les valeurs de n renfermées dans le tableau précédent donnent chacune une valeur de la différence de marche

$$\Delta = n\lambda$$

λ était la longueur d'ondulation.

On a donc, en éliminant Δ :

$$m_h = m_s - \frac{n\lambda}{L}$$

ce qui donne l'indice de l'air humide en fonction de l'indice de l'air sec et du nombre de franges déplacées.

L'indice de réfraction de l'air sec pour les différentes températures et pour la pression normale se déduit de l'indice à 0° qui est égal à 1.0002945, d'après les observations de MM. Biot et Arago, en tenant compte de la dilatation de l'air aux différentes températures.

Le tableau suivant renferme le résultat de ces calculs ; il donne

les indices de l'air sec et de l'air saturé de vapeur d'eau sous la pression normale et pour des températures croissant de 5 en 5 degrés de 0° à 40°.

Le calcul a également été fait pour la température de 100 degrés, ce qui permet de fixer d'une manière très-probable l'indice de la vapeur d'eau.

Tableau des valeurs de l'indice de réfraction pour l'air sec et pour l'air saturé de vapeur d'eau, à différentes températures et sous la pression normale de 0m.760.

Température.	m_s ou indice de réfraction de l'air sec.	m_h ou indice de réfraction de l'air humide.
0°	1.0002945	1.0002943
5	1.0002892	1.0002889
10	1.0002841	1.0002837
15	1.0002792	1.0002786
20	1.0002744	1.0007327
25	1.0002698	1.0002687
30	1.0002654	1.0002640
35	1.0002611	1.0002592
40	1.0002569	1.0002545
		vapeur d'eau.
100	1.0002155	1.0001877

Pour les températures intermédiaires, des parties proportionnelles donnent avec une exactitude suffisante, entre 0° et 40°, les valeurs des indices correspondants.

On peut également déduire de ce tableau l'indice de l'air incomplétement saturé d'humidité et pour des hauteurs quelconques du baromètre : pour cela, il faut prendre d'abord les indices de l'air sec et de l'air humide correspondants à la température de l'air; la différence $d = m_s - m_h$, étant multipliée par la fraction de saturation, donne $d' = d\frac{f'}{f}$ qui représente la différence entre l'indice de l'air sec et celui de l'air incomplétement saturé. Cette différence ne dépend que de la quantité de vapeur d'eau; elle est la même pour toutes les hauteurs du baromètre. Pour une hauteur quelconque, il suffira donc de calculer l'indice de l'air sec par la méthode ordinaire, en tenant compte de la pression, et d'en retrancher la quantité d', pour avoir l'indice de l'air incomplétement saturé de vapeur d'eau.

On voit que le tableau précédent donne les moyens de déterminer l'indice de réfraction de l'air en tenant compte de la présence de la vapeur d'eau, et dans toutes les circonstances de température et de pression qui pourront se présenter dans l'application.

Pour mieux apprécier les changements de réfraction dus à la vapeur d'eau, on peut les comparer aux effets d'un changement dans la température de l'air : à la température de 12° et sous la pression normale, l'influence de la vapeur d'eau à saturation dans l'air est équivalente à l'effet qui serait produit par un accroissement de 1/2 degré, c'est-à-dire que l'indice de l'air humide à 12° est le même que celui de l'air sec à 12°.5.

A la température de 22°, la présence de la vapeur d'eau produit un effet équivalent à un accroissement de 1° ; à la température de 30°, l'effet est équivalent à en accroissement de 1°.6 ; pour 35°, on trouve 2°.3, tandis que pour 0° on trouve moins de 0°.2.

[L'étude des variations du pouvoir réfringent de l'eau, de l'alcool, de l'éther et du verre, commencée par M. Arago, avec la même méthode des interférences, lui a encore donné les résultats suivants consignés sur ses registres.]

Eau. 1° centigrade de différence entre la température de l'eau dans les deux tubes occasionne un déplacement de 4 franges, même vers le maximum de densité. On aperçoit les effets de $\frac{1}{40^e}$ de degré.

Compression de l'eau. Dans un tube d'un mètre de long, une compression de 1 atmosphère a donné un déplacement de 30 franges ; de $\frac{1}{30^e}$ d'atmosphère, une frange ; de $\frac{1}{300^e}$ d'atmosphère 0.1 frange.

L'alcool et l'éther donnent deux et trois fois ce résultat.

Compression du verre. Une compression de 1 atmosphère donne un déplacement de 1.5 frange ; $\frac{1}{10^e}$ d'atmosphère un déplacement de 0.15 frange.

SUR

LES POUVOIRS DISPERSIFS

Dans le courant du mois d'août 1836, M. Cauchy fit deux envois à l'Académie. Le premier, composé de trois cahiers in-4° imprimés à Prague, fut présenté le 15 aoû ; le second arriva le 29, il consistait en une brochure in-8° autographiée. Dans cette même séance du 29, des exemplaires des cahiers déjà reçus quatorze jours auparavant (mais cette fois envoyés en présent à divers physiciens) se trouvaient mêlés aux articles de la correspondance académique. En les feuilletant pendant la séance, je lus à la page 185 : « Jusqu'à présent on n'a pu découvrir dans les gaz aucune trace de la dispersion des couleurs. »

Ces lignes, suivant moi, renfermaient une erreur de fait capitale. Après m'être assuré que l'erreur n'était pas rectifiée dans le Mémoire autographié du 29, je crus nécessaire d'en faire mention. J'insérai la Note suivante dans le compte rendu de la séance :

« A l'occasion d'un nouveau Mémoire de M. Cauchy sur la théorie de la lumière, présenté aujourd'hui à l'Académie, M. Arago croit devoir signaler une erreur de fait dans laquelle l'auteur est tombé au sujet de la dispersion des substances gazeuses. M. Cauchy suppose cette dis-

persion nulle. M. Arago dit, au contraire, qu'elle est sensible et qu'il l'a mesurée pour un bon nombre de gaz simples et composés. Dans une prochaine séance M. Arago fera connaître tous ses résultats. »

En essayant ainsi de détourner M. Cauchy de persister dans la peine qu'il se donnait pour déduire de sa savante théorie une conséquence que l'observation démentait de tout point, je croyais avoir droit à des remercîments : loin de là, M. Cauchy s'est montré offensé et il a fait insérer à ce sujet une lettre dans le compte rendu de la séance du 3 octobre. Je me vois donc obligé d'examiner les griefs de mon confrère et de replacer la question dans son vrai jour.

M. Cauchy a dit que les gaz ne dispersent pas la lumière, mais à l'en croire, ce ne serait pas dans le Mémoire présenté le 29 août; l'assertion se trouverait seulement dans un Mémoire plus ancien (celui du 15 du même mois); dans le Mémoire du 29, déclare M. Cauchy, « il n'est nullement question de gaz qui dispersent ou ne dispersent pas la lumière, et le mot même de *gaz* ou de *substance gazeuse* ne s'y trouve nulle part! »

Je pourrais assurément passer condamnation sur une critique dont le but est de prouver que ce serait le 15 et non le 29 août qu'il aurait dû présenter son observation ; mais cela même il peut ne pas le concéder, puisque le 29 des exemplaires des premiers Mémoires étaient placés sur le bureau de l'Académie ; puisque d'ailleurs, quoi que M. Cauchy en dise par une inconcevable inadvertance, la supposition qu'il existe des milieux qui ne dispersent pas la lumière est formellement exprimée

dans le passage ci-joint du Mémoire autographié du 29 août :

« Les nouveaux paragraphes (dont M. Cauchy annonce une prochaine publication) auront principalement pour objet... les lois de la propagation de la lumière dans le vide et dans les milieux qui ne dispersent pas la lumière, telles que je les ai données dans les *Nouveaux exercices* (p. 35). »

Dans les *Nouveaux exercices*, c'est aux gaz que la théorie est appliquée ; le mot gaz se trouve donc dans le passage qu'on vient de lire, aussi clairement que s'il y était écrit en toutes lettres. M. Cauchy n'aurait pas d'ailleurs l'imprudence d'avancer qu'il existe des milieux solides ou liquides doués de la propriété de réfracter également les rayons de diverses couleurs. Or, si des trois états, solide, liquide, gazeux, sous lesquels les corps se présentent à nous, on élimine les deux premiers, il reste le troisième, l'état gazeux, pour le seul dont le savant géomètre ait pu vouloir parler dans le Mémoire du 29 août.

M. Cauchy, au reste, n'entend en aucune manière rétracter sa première assertion ; il tenait seulement à l'avoir émise le 15 et non le 29 août 1836 ; elle lui paraît si peu contestable qu'il n'hésite pas à réformer la Note, assurément non équivoque, que j'ai insérée le 29 août dans le *Compte rendu*, et qui est reproduite plus haut.

« Ce que M. Arago aura dit, s'écrie-t-il, c'est que jusqu'à ce jour les physiciens n'avaient point observé la dispersion dans les gaz. » Je déclare ne pouvoir accepter

cette rectification ; et en effet, la dispersion de l'atmosphère terrestre a été aperçue

En 1748 par Bouguer;
En 1761 par Lemonnier;
En 1779 par Dollond;
En 1783, en 1785 et en 1805 par Herschel.

Mes propres mesures remontent au mois de septembre 1812. Enfin, en 1815, M. Stephen Lee lut à la Société royale de Londres et publia dans les *Transactions philosophiques* un Mémoire intitulé : *Sur la force dispersive de l'atmosphère et ses effets sur les observations astronomiques.*

« Personne, dit M. Cauchy, ne s'étonnera que je n'aie pas parlé des observations de M. Arago, plusieurs mois avant qu'elles fussent publiées et peut-être même entreprises. »

A l'insinuation peu bienveillante que ce passage renferme je réponds par deux faits : les mesures que j'ai faites de la force dispersive de l'atmosphère datent de 1812; elles furent citées, quelque temps après cette époque, par M. Lindenau dans le *Journal astronomique* de Gotha. Quant aux mesures de la dispersion des gaz et des vapeurs que j'avais exécutées avec M. Petit, mon beau-frère, elles remontent à 1815 ; on en trouve une analyse détaillée dans le premier article du premier cahier du premier volume des *Annales de chimie et de physique*, publié en février 1816 [1] ! J'aurais donc peut-

1. Voir t. I[er] des Mémoires, t. X des *Œuvres*, p. 123 à 132.

être le droit de remplacer le dernier paragraphe guillemetté de M. Cauchy par le suivant, où quelques expressions seules sont changées :

« Tout le monde s'étonnera que M. Cauchy n'ait pas connu les observations de M. Arago vingt ans après qu'elles avaient été publiées. »

Cette polémique dans laquelle je regrette extrêmement d'avoir été entraîné, ne m'empêchera pas, au surplus, de faire les vœux les plus sincères pour le succès de la très-difficile recherche dans laquelle M. Cauchy est engagé ; et si les mesures nombreuses et délicates que je voulais soumettre à l'Académie peuvent être utiles à mon savant confrère, je m'empresserai de les lui adresser, même avant la rédaction du Mémoire que je prépare.

[Le Mémoire annoncé par M. Arago n'a pas été rédigé. Mais le dépouillement des registres d'observation a permis de réunir ci-dessous les résultats des expériences.]

DISPERSION DE L'ATMOSPHÈRE

9 *mai* 1811. — A $12^h\ 50^m$ de temps sidéral la bordure rouge du bord inférieur réel de la Lune était encore bien visible avec le grossissement de 200 fois (1re lunette de Lerebours). Le bord supérieur réel (inférieur apparent) ne présentait alors que de très-légères traces de bleu verdâtre. Avec le grossissement de 90 fois la bordure rouge était presque invisible; quant au bord inférieur on ne voyait pas la moindre nuance de couleurs.

Mars, que j'ai examiné un instant après, était teint dans son bord supérieur apparent d'un rouge très-vif, tandis que le bord inférieur, au contraire, était bleu intérieurement et violet extérieurement, cette dernière couleur étant d'ailleurs un peu faible.

8 *septembre* 1812. — J'ai examiné peu de temps avant son coucher le Soleil avec la lunette de l'Empereur. Les bords supérieur et inférieur apparents de cet astre étaient teints de couleurs fort sensibles; savoir, le premier de rouge jaunâtre, le second de bleu violacé. Pour faire disparaître ces couleurs j'ai placé devant l'oculaire des prismes de divers angles et de crown-glass, l'un carré et le second circulaire.

A $6^h\ 4^m$ de ma montre, le prisme carré de crown est trop petit, puisqu'on voit encore un peu de rouge supérieur apparent du Soleil et une couleur verdâtre dans le bord inférieur.

A $6^h\ 10^m$ le prisme carré, plus le prisme rond, forment peut-être un angle trop fort, qui non-seulement détruit les couleurs, mais qui en fait naître en sens contraire. A $6^h\ 12^m$ le prisme carré seul est beaucoup trop faible.

A $6^h\ 14^m$ le prisme carré, plus le prisme rond, me semblent compenser bien exactement la dispersion de l'atmosphère.

Ma montre retarde de 6^m sur le temps vrai.

Le prisme carré placé devant la lunette d'un cercle a dévié la mire de $8^\circ\ 47'\ 34''$ environ; le prisme rond de $4^\circ\ 32'\ 42''$ environ. La face de sortie des rayons était appliquée sur l'objectif de la lunette; celle-ci était armée d'un grossissement de 88 fois.

[La méthode suivie dans les treize expériences suivantes n'est pas décrite ; mais il résulte évidemment, des détails donnés ci-dessus et des observations et des calculs entièrement exécutés de la main de M. Arago, que contiennent les registres, que l'illustre physicien a cherché l'heure de l'achromatisme du bord inférieur de l'appareil du Soleil, lorsque devant la lunette il plaçait soit un grand prisme déviant la lumière de 10′ 55″, soit un petit prisme déviant de 5′ 40″. Le calcul de la hauteur exacte du point du Soleil visé lui donnait ensuite la valeur de la réfraction atmosphérique. Le tableau suivant résume l'ensemble des observations et des résultats.]

Dates.	Prismes employés.	Heures de l'achromatisme en temps vrai.	Angle horaire du Soleil en temps.	Baromètre.	Thermomètre.	Réfraction atmosphérique.	Rapports des pouvoirs dispersifs comparés de l'air et du crown-glass.
				m.			
14 sept. 1812	grand prisme	6h 2m	"	0.7638	21°.0	16′ 7″	10:14.7
16 —	id.	5 55	"	0.7587	25 .0	14 2	10:12.8
22 nov.	id.	"	4h 0m	0.7650	0 .0	15 51	10:14.5
24 févr. 1813	petit prisme	4 34	"	0.7650	5 .8	7 34	10:13.3
—	grand prisme	5 2	"	"	"	15 35	10:14.2
4 mars	petit prisme	3 45	4 44	0.7770	6 .9	6 50	10:12.1
14 —	id.	4 46	5 9	0.7660	1 .0	7 52	10:13.1
—	grand prisme	5 8	5 21	"	"	13 54	10:12.7
16 —	petit prisme	4 50	5 6	0.7600	6 .0	7 6	10:12.5
30 —	id.	"	"	"	"	7 6	10:12.5
8 avril	id.	6 58	5 54	0.7575	18 .5	7 20	10:12.9
11 —	id.	7 14	5 55	"	"	6 46	10:11.9
14 —	id.	7 30	6 0	0.7650	13 .5	6 57	10:12.3

Rapport moyen du pouvoir dispersif de l'atmosphère au pouvoir dispersif du crown-glass............. 10:13.04

[Le pouvoir dispersif de l'air atmosphérique a été encore déterminé par M. Arago en se servant de la méthode sur laquelle est fondé le diosporamètre de Rochon. Cette même méthode a été appliquée par MM. Arago et

Petit à la détermination des pouvoirs dispersifs de la vapeur de sulfure de carbone, du cyanogène, du gaz hydrogène sulfuré. Les conclusions générales du travail sont données dans le Mémoire du 11 décembre 1815 sur les puissances réfractives et dispersives (voir t. 1er des Mémoires, t. x des *Œuvres*, p. 123); ici sont reproduits les détails des expériences.

Trois prismes de crown ont été employés pour être placés devant le prisme de Borda dont l'angle est de 143° 7′ 28″ : le premier dévie de 5′ 40″, le second de 10′ 55″, le troisième, qui est mobile, de 25′.]

I. — AIR ATMOSPHÉRIQUE

Température du 23 septembre 1815.

Les couleurs que produit le prisme vide, lorsque les faces sont à droite, sont du rouge à gauche et du bleu à droite en apparence.

Faces du prisme à gauche.

Le prisme de 5′ 40″ est trop fort; les prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ adossés en sens contraire, ce qui équivaut à un prisme de 5′ 15″ dépassent encore. On interpose le prisme mobile,

à 280°, un peu de rouge à gauche.
à 270°, rouge à droite visible.
à 275°, un peu de rouge à droite.
à 277°, achromatisme.

à 70°, un peu de rouge à gauche.
à 80°, un peu de rouge à droite.
à 75°, peut-être du rouge à gauche.
à 76°, achromatisme.

Faces du prisme à droite.

La différence des prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ est trop forte

à 255°, rouge visible à droite.
à 260°, peut être du rouge à droite.
à 265°, peut-être du rouge à gauche.
à 262° achromatisme.

à 85°, rouge visible à gauche.
à 95°, rouge à droite.
à 90°, peut-être du rouge à gauche.
à 92°, achromatisme.

A la fin des observations l'éprouvette marquait 0m.009; la température de l'air était 18°; le baromètre extérieur marquait 0.7482 et son thermomètre 19°. C'est dans cet état qu'on a mesuré la déviation du vide. Trois observations, donnent pour double déviation

9′ 0″, 8′ 51″, 8′ 54″.

On réduit la tension intérieure à 0m.002, et on trouve, dans trois observations, pour la double déviation

9′ 30″, 9′ 20″, 9′ 18″.

On laisse rentrer l'air, afin de mesurer la déviation des faces. L'éprouvette indique une pression de 0.7492, la température étant 17°.2; le baromètre extérieur marque 0.7481, son thermomètre indiquant 17°.8. Quatre observations donnent pour la double déviations de faces

1′ 36″, 1′, 42″, 1′ 45″, 1′ 46″.5.

On fait de nouveau le vide; on laisse rentrer l'air et l'on ferme ensuite le robinet du prisme. Trois observations donnent par la double déviation des faces :

1′ 42″. 1′ 42″, 1′ 42″.

L'éprouvette marquait 0.7483, la température étant de 17°.7; le baromètre extérieur indiquait 0.7481 et son thermomètre 18°.

II. — VAPEUR DE SULFURE DE CARBONE

1°. *Expériences du* 13 *septembre* 1815.

La tension de la vapeur soumise à l'expérience était 0.2885, sa température 25°.3. Le baromètre extérieure marquait 0.75775 et son thermomètre 23°.5. On s'est servi dans les observations d'un petit télescope.

Faces du prisme à gauche.

Le prisme de crown réfractant 10′ 55″ ne suffit pas pour achromatiser. La somme des prismes réfractant, l'un 10′ 55″, et l'autre 5′ 40″, ne suffit pas encore.

On interpose alors le prisme mobile de crown réfractant 25′, on lui fait parcourir les différentes parties du limbe sur lequel il tourne et on observe :

à 190° rouge à droite visible.	à 150°, rouge à droite visible.
à 200°, encore du rouge à droite.	à 140°, encore du rouge à droite.
à 210°, encore un peu.	à 135°, encore un peu.
à 215°, achromatisme.	à 130°, achromatisme.
à 220°, un peu de rouge à gauche.	à 125°, un peu de rouge à gauche.
à 230°, rouge à gauche visible.	à 120°, rouge à gauche visible.

Faces du prisme à droite.

La somme des prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ ne suffit pas tout à fait. On interpose le prisme mobile

à 20°, rouge à gauche visible.	à 330°, un peu de rouge à gauche.
à 25°, encore un peu.	à 325°, encore un tant soit peu.
à 30°, achromatisme.	à 320°, achromatisme.
à 35°, un peu de rouge à droite.	à 315°, très-peu de couleurs.
à 40°, rouge à droite visible.	à 310°, un peu de rouge à droite.

2° *Expériences du 14 septembre.*

La tension de la vapeur marquée par l'éprouvette était 0.2749, et sa température 26°. Le baromètre extérieur marquait 0.7563 et son thermomètre 25°. On s'est encore servi du même télescope que dans les observations précédentes ; on avait placé devant la partie inférieure de son ouverture un petit diaphragme, afin d'être assuré qu'on observait toujours par la même partie de l'oculaire.

La somme des prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ ne suffit pas, mais paraît assez rapprochée.

Faces du prisme à gauche.

à 150°, rouge visible à droite.	à 200°, un peu de rouge à droite.
à 140°, encore un peu.	à 210°, encore un peu.
à 135°, très-près, mais pas encore.	à 215°, très-près, mais pas encore.
à 130°, achromatisme.	à 220°, achromatisme.
à 120°, un peu de rouge à gauche.	à 230°, un peu de rouge à gauche.
à 110°, rouge visible à gauche.	à 240°, rouge visible à gauche.

Faces du prisme à droite.

à 325°, un peu de rouge à gauche.	à 25°, un peu de rouge à gauche.
à 320°, encore un tant soit peu.	à 30°, peut-être encore un peu.
à 315°, achromatisme.	à 35°, achromatisme.
à 310°, peut-être du rouge à droite.	à 40°, un peu de rouge à droite.
à 300°, un peu de rouge à droite.	à 50°, rouge visible à droite.

3° *Expériences du* 15 *septembre.*

La tension de la vapeur marquée par l'éprouvette est 0.2790 et la température 26°.3. Le baromètre extérieur marque 0.7555, et son thermomètre 24°. On a employé pour cette série d'observations une lunette achromatique de Lerebours.

Faces du prisme à gauche (on interpose le prisme mobile).

à 200°, rouge visible à droite.	à 140°, rouge visible à droite.
à 210°, très-près, mais pas encore.	à 135°, encore un peu.
à 215°, achromatisme.	à 130°, très-peu, peut-être dépassé.
à 220°, très-peu de rouge à gauche.	à 125°, un peu de rouge à gauche.
à 230°, rouge visible à gauche.	à 120°, rouge visible à gauche.

Faces du prisme à droite.

à 25°, un peu de rouge à gauche.	à 330°, rouge visible à gauche.
à 30°, très-peu, mais pas encore.	à 325°, encore du rouge à gauche.
à 35°, extrêmement près.	à 315°, encore un peu.
à 40°, peut-être dépassé.	à 310°, extrêmement près.
à 50°, rouge visible à droite.	à 300°, rouge à droite.

III. — CYANOGÈNE.

1° *Expériences du* 24 *septembre* 1815.

La tension du gaz est de 0.6285, sa température étant 19°.8. Le baromètre extérieur marque 0.75265 et son thermomètre 20°.7.

Faces du prisme à droite (on emploie le prisme mobile.)

à 50°, rouge faible à gauche.	à 310°, un peu de rouge à gauche.
à 60°, très-près, un peu de rouge à droite.	à 300°, peut-être du rouge à gauche.
à 65°, rouge faible à droite.	à 290°, un peu de rouge à droite.
à 55°, peut-être du rouge à gauche.	à 295°, achromatisme.

Faces du prisme à gauche.

à 120°, un peu de rouge à droite.	à 210°, rouge à droite.
à 115°, encore un peu.	à 260°, rouge à gauche.

à 110°, très-près, peut-être dépassé.

à 105°, rouge à gauche.

Le temps était si obscur qu'on n'a pas pu continuer.

2° *Expériences du 25 septembre.*

La tension marquée par l'éprouvette est de 0.6001; la température est de 19°.2. Le baromètre extérieur indique 0.7572 et son thermomètre 19°.4. On s'est servi de la lunette de Lerebours.

Faces du prisme à gauche.

Le prisme réfractant 10′55″ paraît achromatiser presque exactement; peut-être est-il un tant soit peu trop fort. On emploie le prisme mobile.

à 110°, très-près, peut-être du rouge à droite.

à 115°, rouge à droite plus sensible

à 120°, rouge à droite très-sensible

à 100°, rouge à gauche bien sensible.

à 105°, très-près, un peu de rouge à gauche.

à 109°, achromatisme.

à 230°, rouge à droite faible.

à 235°, rouge à droite très-faible.

à 240°, très-près.

à 238°, achromatisme.

à 250°, rouge à gauche.

à 245°, encore un peu de rouge à gauche.

Afin de connaître l'influence des bords de l'oculaire, on a fait les observations suivantes :

à 125°, rouge à droite dans le centre; bord apparent de gauche achromatique.

à 98°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

à 225°, rouge à droite dans le centre; bord apparent de gauche achromatique.

à 250°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

Faces du prisme à droite.

Le prisme de 10′55″ paraît achromatiser exactement. On emploie le prisme mobile.

à 57° 30′, bien peu de rouge à gauche.
à 55°, rouge à gauche sensible.
à 60°, achromatisme.
à 65°, rouge à droite.
à 62°, bien près, peut-être du rouge à droite.

à 300°, rouge à gauche.
à 295°, peut être encore du rouge à gauche.
à 290°, très-près.
à 285°. rouge faible à droite.
à 280°, rouge à droite visible.

à 75° et à 278°, rouge à droite dans le centre; bord apparent de gauche achromatique.

à 45° et à 303°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

IV. — HYDROGÈNE SULFURÉ

1° *Expériences du 1er octobre* 1815.

La tension marquée par l'éprouvette est 0.7269, la température étant 18°.7. Le baromètre extérieure marque 0.7521 et son thermomètre 18°.1.

Le prisme réfractant 10′ 55″ est sensiblement trop faible et la somme des prismes de 10′ 55′ et de 5′ 40″ sensiblement trop forte, soit qu'on observe les faces à gauche ou à droite.

Faces du prisme à gauche (on se sert du prisme mobile de 25′).

à 105°, rouge sensible à gauche.
à 115°, encore un peu.
à 120°, peut-être du rouge à droite.
à 125°, rouge sensible à droite.
à 117° 30′, achromatisme.

à 245°, rouge sensible à gauche.
à 240°, encore un peu.
à 235°, peut-être du rouge à droite.
à 230°, rouge sensible à droite.
à 237° 30′, achromatisme.

à 130° et à 225°, rouge à droite dans le centre; bord apparent de gauche achromatique.

à 105° et à 50°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

Faces du prisme à droite.

à 45°, rouge à gauche.
à 50°, encore un peu.

à 305°, rouge sensible à gauche.
à 300°, très-près, peut-être rouge à gauche.

à 55°, peut-être du rouge à droite.
à 60°, rouge visible à droite.
à 52° 30′, achromatisme.

à 295°, très-près peut-être, rouge à droite.
à 290°, rouge visible à droite.
à 297° 30′, achromatisme.

à 65° et à 285°, rouge à droite dans le centre; bord apparent de gauche achromatique.

à 33° et à 310°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

2° *Expériences du* 8 *octobre.*

La tension marquée par l'éprouvette est 0.74350, la température étant 17°.7. Le baromètre extérieur indique 0.7632 et son thermomètre 17°.8.

Faces du prisme à droite.

Le prisme de 10′55″ n'achromatise pas tout à fait, mais approche. La somme des prismes de 10′ 55″ et de 5′ est trop forte; les couleurs qu'on aperçoit alors sont un peu plus vives que celles qui sortaient en sens contraire en employant le prisme de 10′55″. On emploie le prisme mobile de 25′.

à 60°, un tant soit peu de rouge à droite.
à 65°, rouge sensible à droite.
à 55°, couleurs insensibles.
à 50°, peut-être du rouge à gauche.
à 45°, rouge sensible à gauche.

à 305°, un tant soit peu de rouge à gauche.
à 300°, peut-être encore du rouge à gauche.
à 295°, peut-être du rouge à droite.
à 290°, du rouge à droite.
à 297°, achromatisme.

à 40°, rouge à gauche dans le centre; bord apparent de droite achromatique.

à 70°, rouge à droite dans le centre; bord de droite coloré faiblement en rouge.

à 65°, rouge à droite dans le centre; bord de gauche à peu près achromatique.

Faces du prisme à gauche.

La somme des prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ fait passer le rouge à

droite dans le centre; mais sur le bord de gauche on voit du rouge à droite. Le prisme de 10′55″ laisse dans le centre le rouge à gauche; sur le bord à droite on voit du rouge à droite.

à 115°, très-près, peut-être du du rouge à gauche.
à 120°, peut-être du rouge à droite.
à 110°, rouge à gauche.
à 125°, rouge à droite.
à 118°, achromatisme.

à 225°, un peu de rouge à droite.
à 230°, encore un peu.
à 235°, peut-être du rouge à gauche.
à 240°, du rouge à gauche.
à 233°, achromatisme.

3° *Expériences du 20 octobre.*

La tension marquée par l'éprouvette est 0.6806, la température étant 20°.6. On n'a pas observé le baromètre.

On s'est servi dans ces observations du petit télescope; sans l'interposition d'aucun prisme, l'oculaire de cet instrument fait voir un peu de rouge à droite, d'où il suit qu'il faut, dans l'observation des faces à gauche, employer pour l'achromatisme un prisme d'un plus petit angle que dans celle des faces à droite. C'est ce que l'expérience a confirmé.

Faces du prisme à droite.

Le rouge est à droite. Le prisme de 10′55″ ne suffit pas; il laisse le rouge à droite. La somme des prismes de 10′ 55″ et de 5′ 40″ approche beaucoup, mais fait passer le rouge à gauche. Il est probable que la moyenne ne sera pas éloignée et produira l'achromatisme. On interpose le prisme mobile.

à 30°, rouge sensible à gauche, plus que n'en produit la somme des prismes de 10′55″ et de 5′40″.
à 40°, encore un peu de rouge à gauche.
à 45°, très-près, mais pas encore.
à 50°, achromatisme.
à 60°, un peu de rouge à droite, mais très-peu.
à 70°, rouge visible à droite plus que n'en laisait le prisme de 10′ 55″.

à 320°, rouge très-sensible à gauche.
à 310°, encore un peu.
à 305°, encore un peu.
à 300°, achromatisme.
à 290°, rouge à droite assez sensible.
à 280°, rouge à droite très-sensible.

Faces du prisme à gauche.

Le rouge est à gauche. On interpose le prisme mobile.

à 120°, rouge à droite.

à 130°, rouge à droite très-sensible.

à 115°, un peu de rouge à droite.

à 110°, achromatisme.

à 100°, un peu de rouge à gauche.

à 90°, rouge sensible à gauche.

à 220°, rouge très-sensible à droite.

à 230°, encore du rouge à droite.

à 240°, peut être encore du rouge à droite.

à 245°, peut-être déjà du rouge à gauche.

à 255°, rouge à gauche.

à 260°, rouge très-sensible à gauche.

[Il y a lieu, pour compléter ces Notes sur les pouvoirs dispersifs, de rappeler que M. Arago a indiqué (t. IV des *Notices scientifiques*, t. VII des *Œuvres*, p. 442) un procédé particulier pour déterminer les pouvoirs dispersifs comparatifs de toutes sortes de substances. Ce procédé consiste dans l'emploi d'un verre bleu placé devant l'oculaire, et à l'aide duquel on aperçoit très-distinctement des raies noires qui limitent les spectres de manière à rendre les observations exactes et comparables.]

FIN DU TOME SECOND DES MÉMOIRES SCIENTIFIQUES

TOME ONZIÈME DES ŒUVRES

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME ONZIÈME

TOME SECOND DES MÉMOIRES SCIENTIFIQUES

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME ONZIÈME

TABLE DES FIGURES

FIN DE LA TABLE DES FIGURES

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.